Curso Power Line Communications



PY1BOJ



Antenna Edições Técnicas Ltda.
Av. Marechal Floriano, 151, Centro
20080-005 Rio de Janeiro, RJ
Tel.: 0xx21 2223-2442
Fax: 0xx21 2263-8840

Contato para apostilas e cursos
Tel. (021) 2437.0482
juliross@msn.com
http://julioross.hd1.com.br

Meta dos Cursos: São planejados para as pessoas envolvidas com a instalação, operação, manutenção em **Power Line Communications** para que tenham uma fonte de consulta de referência no seu trabalho.
Documentação de Produto : Os manuais são elaborados em formato Workbook com breves explicações sobre conceitos e amplo espaço para anotações. Foi projetado para acompanhar a descrição tecnológica que envolve os produtos utilizados, contendo detalhes técnicos pertinentes aos conceitos apresentados na aula. Quando apropriado, os manuais fazem referência a informações específicas de produtos.

Comentários do Usuário: O autor esta sempre procurando formas de tornar seus cursos e manuais mais simples de usar. Você pode ajudar, oferecendo seus comentários e sugestões de como este manual pode se tornar mais útil e apontando falhas de informação. Envie seus comentários para julioross@msn.com. Gostaríamos de conhecer seus comentários sobre este curso.

Pertence
Aluno: **Data:**
Endereço: **tel:**
Obs:

Power Line Communicatios

Prof.: Julio Ross
julioross@msn.com

Anotações

Histórico

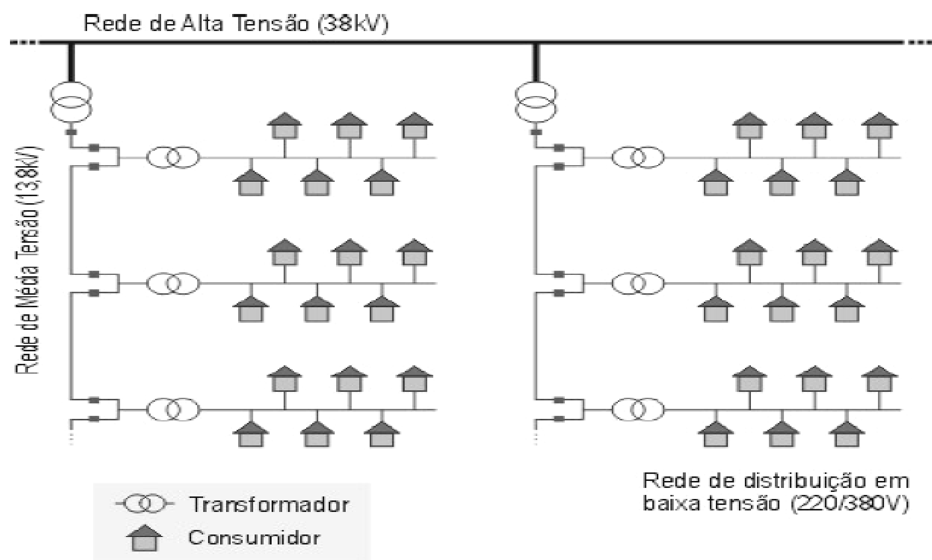
- Uma das grandes vantagens do uso da PLC é que, por utilizar a rede de energia elétrica, qualquer "ponto de energia" pode se tornar um *ponto de rede*, ou seja, só é preciso plugar o equipamento de conectividade (que normalmente é um modem) na tomada, e pode-se utilizar a rede de dados..
- Uma das desvantagens do uso da PLC (ou **BPL**), é que qualquer "ponto de energia" pode se tornar um ponto de interferência, ou seja, todos os outros equipamentos que utilizam radiofreqüência, como receptores de rádio, telefones sem fio, alguns tipos de interfone e, dependendo da situação, até televisores, podem sofrer interferência. A tecnologia usa a faixa de freqüências de 1,7MHz a 30MHz, com espalhamento de harmônicos até freqüências mais altas. Em alguns países, existem movimentos contra a sua instalação.

Histórico

Sistemas de Powerline Carrier, chamados no Brasil de OPLAT (Ondas Portadoras em Linhas de Alta Tensão), têm sido utilizados pelas empresas de energia elétrica desde a década de 1920. Estes sistemas foram e ainda são utilizados para telemetria, controle remoto e comunicações de voz. Os equipamentos são muito robustos e normalmente tem uma vida útil superior a trinta anos. Somente recentemente, com o avanço de instalação de fibras ópticas e barateamento de sistemas de telecomunicações, diversas empresas de energia elétrica decidiram abandonar o velho e bom *Carrier*. Em efeito resposta, os fabricantes estão deixando de produzir estes equipamentos por falta de demanda.

Algumas poucas aplicações de banda estreita em residências e sistemas de segurança e automação predial utilizam ainda sistemas de Powerline Carrier de banda estreita, baixa velocidade e com modulação analógica.

Em 1991, Dr. Paul Brown da Norweb Communications (Norweb - empresa de Energia Elétrica da cidade de Manchester, Inglaterra) iniciou testes com comunicação digital de alta velocidade utilizando linhas de energia. Entre 1995 e 1997, ficou demonstrado que era possível resolver os problemas de ruído e interferências e que a transmissão de dados de alta velocidade poderia ser viável.
Em outubro de 1997, a Nortel e Norweb anunciaram que os problemas associados ao ruído e interferência das linhas de energia estavam solucionados. Dois meses depois, foi anunciado pelas mesmas empresas o primeiro teste de acesso Internet, realizado numa escola de Manchester. Com isso, foi lançada uma nova idéia para negócios de telecomunicações que a Nortel/Norweb chamaram de Digital Powerline.
Em março de 1998, a Nortel e a Norweb criaram uma nova empresa intitulada de NOR.WEB DPL com o propósito de desenvolver e comercializar Digital PowerLine (DPL).
Todas as empresas elétricas do mundo estavam pensando em se tornar provedores de serviços de telecomunicações, utilizando seus ativos de distribuição. Devemos lembrar que o setor de telecomunicações estava passando por um crescimento explosivo no mundo (celular e Internet), e, particularmente no Brasil, estava em curso a maior privatização de empresas de telecomunicações.
O acompanhamento dos desenvolvimentos e progressos da tecnologia Powerline era feito na época, no Brasil, pelo Subcomitê de Comunicações do GCOI, e a APTEL, que foi criada em abril de 1999, realizou o seu primeiro Seminário em setembro de 1999, com o tema: Tecnologia Powerline Communications (PLC)
Vale também lembrar que na Europa em 1997 foi criado o PLC Fórum e, em 1998, a UTC lançou nos USA o Power Line Telecommunications Forum (PLTF).
Atualmente, temos diversos produtos comerciais com tecnologia Powerline Communications e o próprio FCC (Federal Communications Commission) fez diversas declarações sobre a viabilidade desta tecnologia.



Níveis da Rede Elétrica

As redes elétricas são classificadas em três níveis: (100kV) Alta Tensão, (1-100kV) Média Tensão e (1kV) Baixa Tensão, cada qual adaptado para o interligar diferentes distâncias. Os níveis de tensão são interconectados por meio de transformadores, projetados de forma a proporcionar a menor perda possível operando nas freqüências da rede (50 ou 60 Hz). Isto faz com que, nas freqüências tipicamente utilizadas para comunicação, estes equipamentos funcionem como filtros, separando os diferentes níveis de tensão. A figura apresenta um exemplo típico da topologia da rede elétrica com os valores de tensão para cada nível.

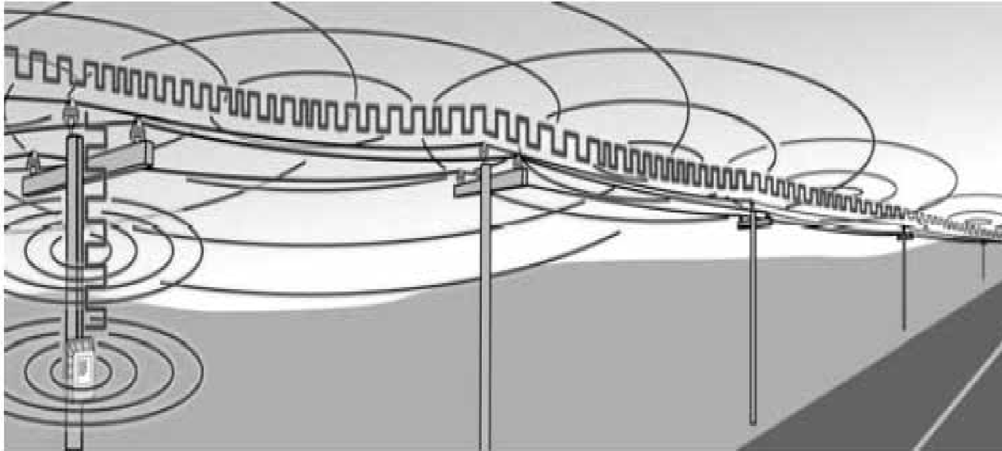
Rede Elétrica de Alta Tensão: Utilizado para interligar os centros de geração aos centros de consumo, geralmente percorrendo grandes distâncias, este nível de tensão é marcado principalmente pelas perdas por efeito Joule, pelas descargas oriundas do efeito corona (que também introduzem componentes de alta freqüência na rede) e por capacitâncias e indutâncias parasitas. Para este nível de tensão, com a freqüência AC técnica de 50 ou 60 Hz, o comprimento de onda correspondente nas linhas aéreas é de 6000 ou 5000 km, respectivamente. Isto explica o porquê de se considerar os efeitos de propagação de onda em redes estendidas e sem assumir as condições do tipo DC.

Rede Elétrica de Média Tensão: Responsáveis pela interligação das subestações com os centros distribuídos de consumo, este nível de tensão pode também ser utilizado no fornecimento de energia elétrica a consumidores de maior porte como indústrias ou prédios. As redes de média e baixa tensão são construídas através de linhas aéreas e cabos, onde os cabos são geralmente subterrâneos. As linhas aéreas de média tensão possuem valores nominais de tensão abaixo de 110 kV, os valores típicos são entre 10 e 20 kV. As linhas aéreas de média tensão fornecem normalmente energia elétrica para áreas rurais, pequenas cidades, companhias industriais ou fábricas. O comprimento típico destas linhas é entre 5 e 25 km.

Rede Elétrica de Baixa Tensão: Este é o nível de tensão que efetivamente chega a maioria das unidades consumidoras derivando do secundário do transformador de redução. A natureza dinâmica com que as cargas são inseridas e removidas da rede, as emissões conduzidas provenientes dos equipamentos e as interferências de diferentes naturezas fazem deste ambiente o mais hostil, para a transmissão de sinais, dentre os três níveis de tensão apresentados. Neste nível as linhas aéreas são ainda encontradas em pequenas cidades e em áreas com prédios relativamente antigos. Para este nível de tensão os raios de fornecimento típico, a partir de um transformador de baixa tensão, são de 100 a 500m.

A Rede Elétrica como Meio de TX de Dados

A rede de distribuição de energia elétrica é um meio extremamente hostil como canal de comunicações



A Rede Elétrica como Meio de TX de Dados

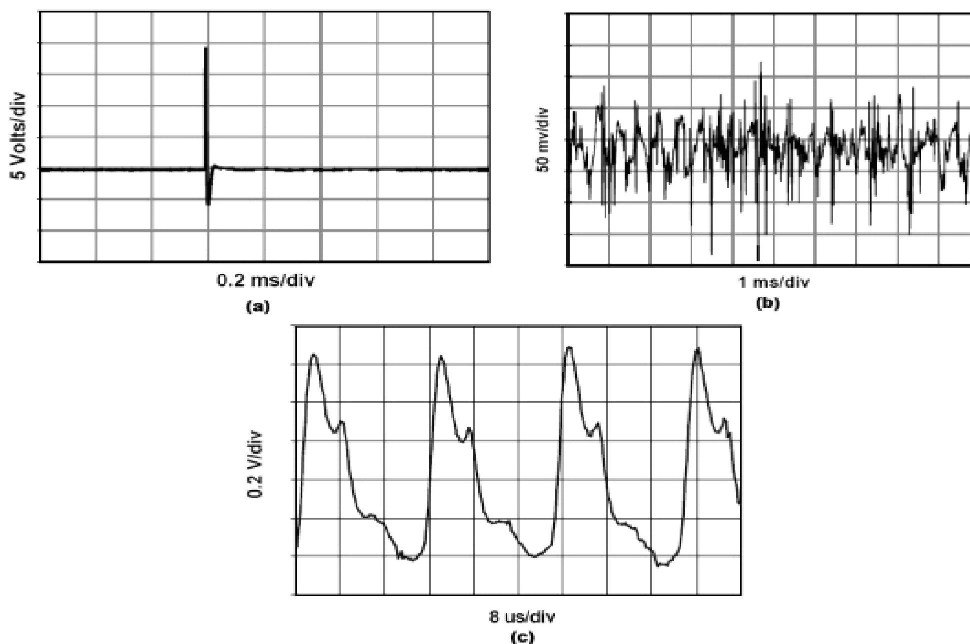
A rede de distribuição de energia elétrica é um meio extremamente hostil como canal de comunicações. Mesmo a simples conexão entre duas tomadas de energia elétrica em uma mesma instalação apresenta uma função de transferência bastante complicada devido principalmente à falta de casamento entre as impedâncias das cargas nas terminações da rede. Desta forma as respostas em amplitude e fase variam, numa faixa bem extensa, com a freqüência. Em algumas freqüências o sinal transmitido pode chegar ao receptor com poucas perdas, enquanto em outras freqüências o sinal pode ser recebido com um nível de potência abaixo daquele apresentado pelo ruído, sendo completamente corrompido pelo canal.

O fato da função de transferência variar bastante com a freqüência já não é um problema simples, contudo este não é o único aspecto. A função de transferência do canal *PLC varia também com o tempo. Isto ocorre devido a* natureza dinâmica com que as cargas são inseridas ou removidas da rede elétrica ou mesmo devido a alguns dispositivos que apresentam impedâncias que variam com tempo, como as fontes chaveadas ou ainda alguns tipos de motores.

Como resultado o canal pode apresentar, em algumas faixas, uma boa qualidade para a transmissão, enquanto em outras o canal pode ter uma capacidade bastante limitada. Devido às propriedades de variância com a freqüência e com o tempo, uma utilização eficiente da rede elétrica como meio de comunicações requer que uma abordagem adaptativa que compense de alguma forma as variações da função de transferência do canal *PLC.* Adicionalmente às questões relacionadas, com a função de transferência do canal, outro aspecto significante a ser considerado são as interferências presentes na rede. As mais severas fontes de interferência raramente apresentam propriedades similares àquelas do ruído *AWGN (Additive White Gaussian Noise), ao* contrário, as interferências podem ser do tipo impulsivo ou apresentar uma natureza seletiva em freqüência, ou mesmo ambas.

Típicas fontes do ruído presente na rede elétrica são: motores com escovas, fontes chaveadas, reatores para iluminação e os *dimmers, dentre outras.* Estes equipamentos introduzem componentes de alta freqüência na rede caracterizando as emissões conduzidas . Constituindo outra forma de inserção de ruído, as emissões irradiadas são aquelas provenientes de emissoras de rádio em geral, ou mesmo de alguns equipamentos como aqueles citados anteriormente. O impacto destas diferentes fontes de interferência no sistema é que num pacote de dados recebido, o número de erros pode ser considerável, necessitando de alguma forma de correção.

Problemas Existentes



Problemas Existentes

Os principais fatores que dificultam a propagação de sinal são a atenuação, o ruído e a distorção.

A *atenuação* é a propriedade do sinal diminuir sua amplitude durante a propagação. Os três principais fatores causadores da atenuação são o material do cabo utilizado, a freqüência do sinal e a distância percorrida. Quanto maior a distância e a freqüência, maior é a atenuação do sinal. A atenuação do sinal pode, ainda, variar com o tempo, devido ao ligamento e desligamento de aparelhos na rede elétrica. Na rede elétrica, diferentemente das outras redes em geral, o fator predominante para a atenuação é a indutância do cabo utilizado e não a capacitância, pois as impedâncias dos aparelhos que são ligadas à rede são em geral menores que a impedância característica do cabo. A atenuação não é um grande fator de empecilho para a propagação do sinal, pois é possível aumentar em certa faixa a amplitude do sinal a ser transmitido para contornar seus efeitos. Se, entretanto, a atenuação for muito grande, uma solução seria aumentar muito o nível do sinal. Isso, entretanto é inviável, pois acarreta problemas relacionados à superação do nível de emissão que é regulamentado para as redes PLC.

O ruído é causado pela maioria dos aparelhos que estão ligados à rede elétrica. Os três principais tipos de ruído são o impulsional, o tonal e o impulsional de alta freqüência.

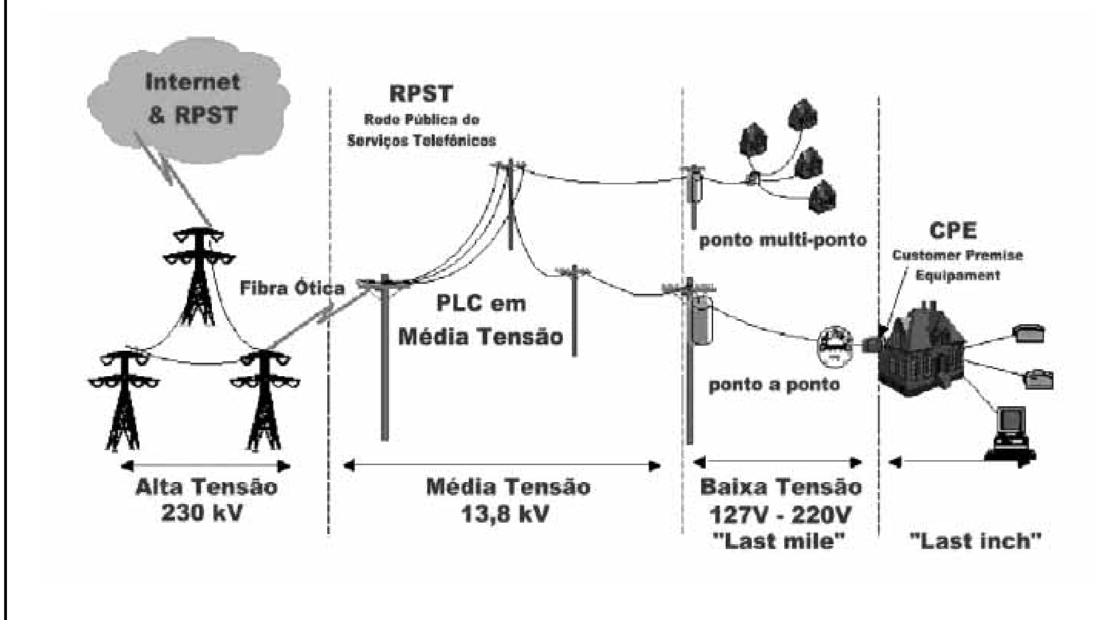
O *ruído impulsional* (a) é gerado principalmente por controladores de intensidade de lâmpadas e ocorre no dobro da freqüência de alimentação da rede com algumas dezenas de Volts de amplitude com duração de cerca de 1ms.

Os *impulsionais de alta freqüência* (b) são causados, principalmente, por motores que existem em vários aparelhos como ventiladores, aspiradores de pó, etc. Esse tipo de ruído tem uma amplitude relativamente baixa, comparada com a anterior, e ocorre em uma banda de vários kHz.

O *ruído tonal* (c) tem basicamente duas origens. A primeira que é não-intencional é causada por fontes chaveadas que são amplamente usadas em computadores. O ruído gerado é rico em harmônicos da freqüência de chaveamento que é da ordem de 20kHz até 1MHz. Uma fonte de ruído tonal intencional são os intercomunicadores que utilizam a rede elétrica, nesse caso podem ser considerados como uma rede PLC também. O ruído gerado é entre 150kHz e 400kHz com alguns volts de amplitude. Outra fonte de ruído intencional que existe é a captação de sinais de rádio pela rede elétrica, já que a mesma age como se fosse uma antena.

A distorção é causada por vários fatores sendo, o principal, as múltiplas reflexões de sinais que ocorrem pelo descasamento que existe entre as várias partes da rede elétrica. Esse fator é extremamente importante em redes de baixa tensão, pois existe um número muito grande de ligações sendo praticamente todas descasadas. Uma tomada não sendo utilizada, por exemplo, funciona como um “stub” em aberto. Como há uma grande distorção, a resposta em freqüência passa a ser não linear, tornando mais difícil o estudo das características do meio. É importante notar também que a distorção varia com o tempo, pela variação da carga conectada à rede.

Conceito



Conceito

A tecnologia PLC transforma a grade de potência (rede de distribuição elétrica) em uma rede de comunicação pela superposição de um sinal de informação de baixa energia ao sinal de corrente alternada de alta potência.

Com o propósito de assegurar a coexistência correta e a separação entre os 2 sistemas, a faixa de freqüência utilizada para comunicação é bastante distante daquela utilizada para a corrente alternada (50 ou 60 Hz), sendo 1,7 a 30 MHz para aplicações banda larga.

A tecnologia PLC existe há tempos, mas sua utilização para aplicações em Banda Larga é um desenvolvimento recente, com perspectivas e importância diferenciadas, mesmo no quadro industrial e regulatório Norte Americano onde criou-se uma nova denominação: Broadband over Power Line - BPL.

Centros de pesquisa e fornecedores têm desenvolvido, em conjunto com as prestadoras de serviços de geração, transmissão e distribuição de eletricidade (também conhecidas em conjunto com as prestadoras de água, saneamento e gás, como prestadoras de utilidades ou *utilities* no ambiente internacional), sistemas de comunicação de Banda Larga sobre a rede de distribuição elétrica, incrementando o valor de serviços que a rede e a infra-estrutura instalada podem prestar.

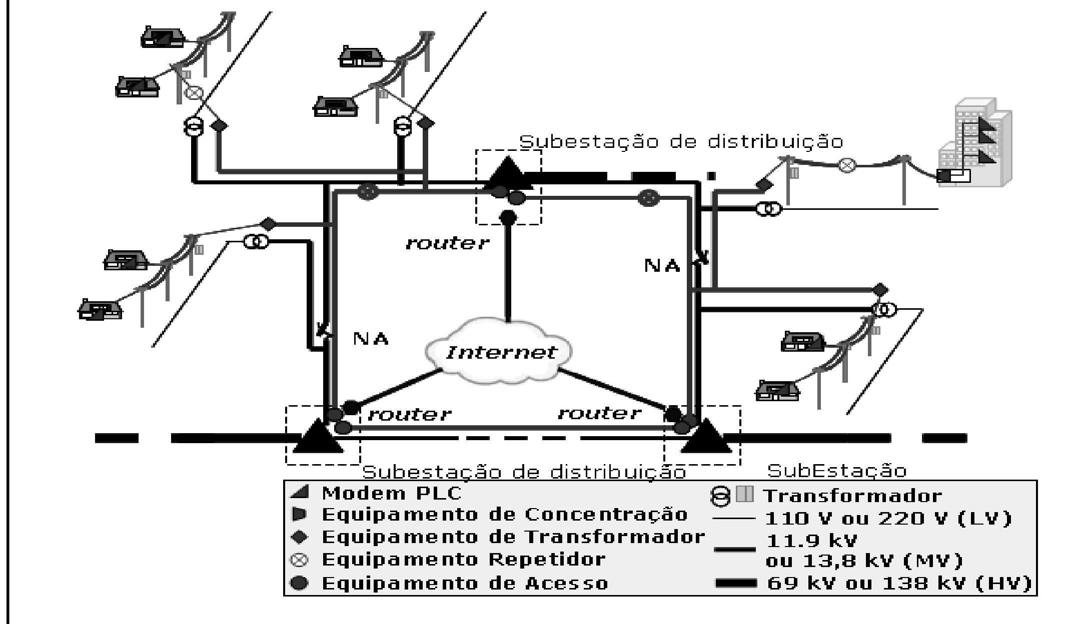
Estes desenvolvimentos incluem tecnologias de acesso, e a rede de distribuição interna das residências e escritórios de usuários. Os fornecedores da tecnologia PLC estão atingindo capacidades de largura de banda de 200 Mbps (capacidade partilhada nos fluxos de dados brutos downstream e upstream), velocidade que compete com outras tecnologias de acesso.

A partir deste fato, a escolha da melhor tecnologia para fornecer acesso ou atingir uma determinada população, deve considerar PLC como mais uma alternativa tecnológica, ao lado ou em combinação com outras tecnologias e passa a ser uma questão de análise de custos e de serviços a serem ofertados.

A tecnologia PLC pode utilizar a rede de Baixa Tensão (BT) e/ou a rede de Média Tensão (MT) como suporte. A utilização da alta tensão (AT) é objeto de estudos adicionais com possíveis resultados futuros em escala comercial. A tecnologia PLC é adequada tanto às redes de baixa tensão aérea quanto às redes de distribuição subterrânea.

A tecnologia PLC oferece um largo espectro de aplicações, desde acesso à Internet em Banda Larga, telefonia, tele-controle, serviços de controle de eletro-domésticos, serviços audiovisuais, segurança predial. Devido as capacidade da tecnologia no transporte e capilaridade já instalada de rede, também estão surgindo propostas de evolução de serviços atuais utilizando exatamente estes diferenciais.

O sistema de distribuição de energia elétrica



O Sistema de Distribuição de Energia Elétrica

A energia elétrica gerada nas usinas é transmitida até os centros consumidores através de linhas de transmissão trifásicas em alta tensão (de 230 kV a 765 kV). Essas linhas são interligadas por meio de subestações, onde se localizam os vários transformadores necessários para controlar o nível de tensão.

As subestações de distribuição , geralmente localizadas dentro do perímetro urbano das cidades são utilizadas para abaixar o nível de tensão até o patamar característico de sua distribuição na cidade. Uma subestação de distribuição comumente recebe linhas de transmissão trifásicas que fornecem energia nas tensões de 69 kV ou 138 kV e abaixa a tensão, usando transformadores, para níveis padronizados de 11,9 kV, 13,8 kV, 23 kV ou 34,5 kV, considerando tensão de linha (fase-fase).

A partir das subestações de distribuição, a energia elétrica é distribuída aos consumidores através de uma rede elétrica, chamada rede, sistema , grade de distribuição , ou grade de potência formada por duas sub-redes: rede de alimentação primária e rede de alimentação secundária.

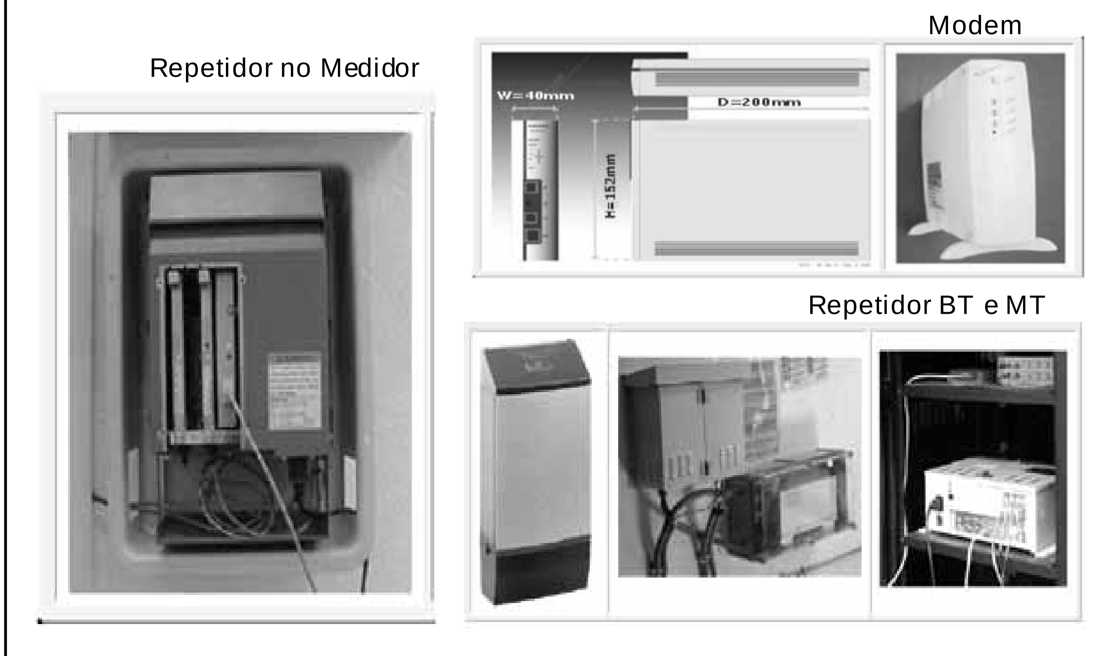
A rede primária é constituída por alimentadores primários formados por linhas trifásicas, ou a três fios, que saem de uma subestação de distribuição e seguem pelas ruas das cidades, podendo ter instalação aérea em postes ou instalação subterrânea via cabos isolados (usada normalmente nos centros das cidades).

Às vezes, a rede primária contém também um quarto fio (neutro), dependendo da forma de aterramento utilizada pela empresa. Essa rede primária utiliza normalmente 11,9 kV, 13,8 kV ou 23 kV como tensão de linha e opera de forma radial (no caso de redes aéreas) ou malhada (no caso de redes subterrâneas).

Entretanto, para atender aos consumidores residenciais e comerciais de pequeno porte, é necessário se obter tensões ainda menores. Para tanto, utilizam-se transformadores trifásicos redutores de tensão que interconectam a rede primária à rede de alimentação secundária , formada por alimentadores trifásicos a quatro fios (o fio neutro está sempre presente).

Os níveis de tensão nessa rede secundária são 380V ou 220V como tensão de linha (fase-fase), o que corresponde a 220 V ou 127 V como tensão de fase (fase-neutro).

Equipamentos PLC



Equipamentos PLC
O Modem PLC é um equipamento que realiza a interface entre os equipamentos dos usuários e a rede elétrica de distribuição, transformando o sinal do equipamento terminal de telecomunicações em sinal modulado e transportado sobre a rede elétrica. O Modem recebe alimentação e os sinais de telecomunicações pela rede elétrica de distribuição doméstica (in-house). O Modem permite também separar as aplicações de voz e dados, para os respectivos telefones ou computadores pessoais. Há diversos tipos de modems, como modems para acesso a Internet (Ethernet e/ou USB), modem para Internet e Telefonia (Ethernet e/ou USB + RJ-11) e modems só para voz (RJ-11). Funcionalidades adicionais, tais como Modems Wi-Fi já estão também disponíveis e permitindo a cobertura em áreas abertas.
O Repetidor recupera e re-injeta o sinal PLC proveniente dos Equipamentos de Transformador para a rede elétrica de distribuição doméstica. É instalado normalmente junto a sala de medidores de cada prédio ou em algum local intermediário (por exemplo, postes sem transformador) na rede de distribuição de baixa tensão.
Algumas vezes pode ser utilizado como um nó intermediário para expandir a cobertura ou aumentar a largura de banda em segmentos críticos da rede (por exemplo, devido a uma elevada atenuação entre o equipamento PLC do Transformador e o Modem PLC). Há também Repetidores em Média Tensão com propósitos semelhantes. Em alguns casos, dependendo da topologia da rede elétrica, o repetidor pode não ser necessário, caso em que o equipamento PLC do Transformador consegue uma conexão de elevada qualidade com o Modem PLC.

Equipamentos PLC (cont)

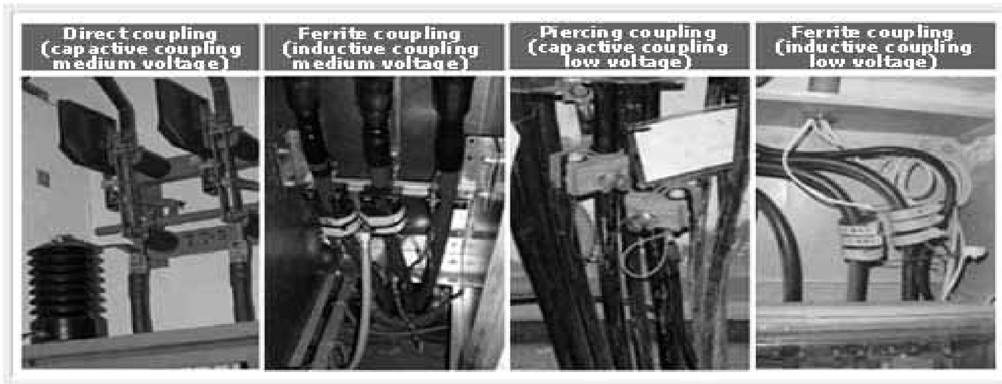
CX de Distribuição

Isolador de Ruidos

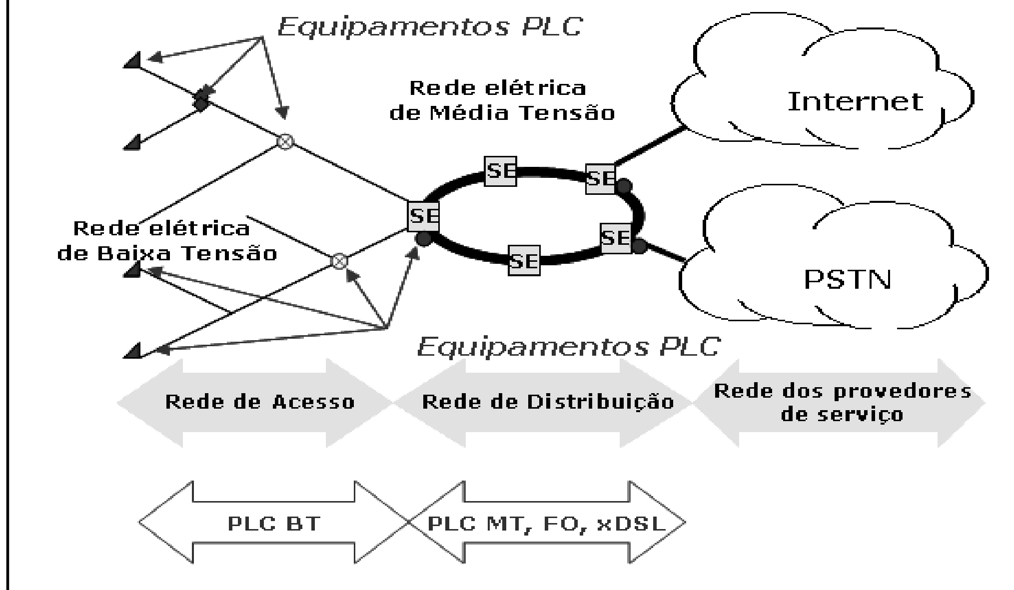




Acopladores



Equipamentos PLC (cont)
A *Caixa de Distribuição* é utilizada para facilitar a distribuição de sinal PLC em painéis elétricos em edifícios. Normalmente vem equipado também com um filtro de surtos, que filtra os ruídos provocados pelos equipamentos ligados na rede elétrica.
O *Isolador de Ruídos* deve ser utilizado para a conexão do modem PLC, quando no circuito aonde o modem será conectado existir um ou mais aparelhos eletroeletrônicos. Isto permite um melhor desempenho do sistema PLC, com a redução do nível de ruído na rede.
O *Equipamento de Transformador* é o dispositivo PLC instalado junto aos transformadores MT/BT. Sua função é extrair o sinal proveniente da rede de distribuição PLC (média tensão, fibra óptica, rede a cabo, e etc.) e injetá-lo sobre a rede de acesso (baixa tensão). Possibilita o fluxo de dados *downstream* do Equipamento Transformador até o Modem PLC ou para os Repetidores numa configuração ponto multiponto full-duplex. Os Equipamentos de Transformador são dotados de uma configuração modular flexível com:
Placas BT, as quais injetam o sinal PLC proveniente da rede de distribuição PLC sobre os cabos de baixa tensão;
Placas MT que permitem a interconexão destes equipamentos sobre a rede de distribuição de média tensão.
Opcionalmente os Equipamentos de Transformador podem incluir:
Placas WiFi que permitem o acesso wireless a clientes dentro da área de cobertura do Transformador, sem utilizar a rede de baixa tensão, mas utilizando a rede de média tensão para entrega do sinal; Placas de Fast Ethernet ou Gigabit Ethernet para interconexão destes equipamentos através de interfaces RJ-45 ou GbEthernet, o que permite o uso de fibra óptica ou outras tecnologias para a rede de distribuição (xDSL, LMDS, etc).
O *Equipamento de Subestação* é o dispositivo PLC instalado junto a Subestação. Sua função é, por um lado, permitir a interconexão com os provedores de serviços (Internet ou PSTN, por exemplo) e por outro lado, injetar o sinal na rede de média tensão. As funções do equipamento de Subestação podem ser desempenhadas, dependendo da configuração, pelo mesmo Equipamento de Transformador.
As *unidades de acoplamento* são os equipamentos acessórios necessários para injetar e adaptar o sinal de telecomunicações do equipamento PLC para a grade de distribuição (MT e BT). Há 2 tipos de unidades de acoplamento. *Acoplamento capacitivo* que injeta o sinal por contato direto com a rede de distribuição (por exemplo, feito por "piercing") e *acoplamento indutivo* que injeta o sinal por indução (por exemplo, feito por "ferrite"). A solução de acoplamento a ser implementada é escolhida com base na qualidade do sinal e facilidade de instalação nas condições específicas da rede de distribuição utilizada. As soluções de acoplamento têm evoluído bastante, otimizando tempos, procedimentos, desempenho e segurança de instalação.



A Rede de Acesso PLC

Existem dois tipos de padrão para o uso da tecnologia PLC, os quais são mostradas a seguir.

O padrão *PLIC – Power Line Indoor Communication* ou *Internal Telecom* (também denominado de In-house BPL), muito difundido nos Estados Unidos, Europa e Ásia, consiste em uma caixa comutadora que interliga uma rede de banda larga, xDSL, WiFi, Cable Modem ou outra qualquer, com a rede elétrica interna de uma casa. Com isso, todas as tomadas de lá estão habilitadas a transmitir dados além da eletricidade, ou seja, funcionariam também como pontos de conexão de uma rede de dados. Para se conseguir esta arquitetura, devemos utilizar um modem externo especial para converter os sinais.

O padrão *PLOC – Power Line Outdoor Communication* funciona basicamente como redes de TV à cabo, por exemplo. Nesta configuração, há o papel do *Master*, o qual é responsável pelo controle e pela repetição, que é conectado à distribuição secundária ou primária. O número de usuários que podem ser conectados em um mesmo *Master* varia, porém geralmente o número máximo são 40 usuários. Segundo alguns testes que estão sendo feitos, caso o *Master* esteja na rede de distribuição primária, ou seja, na rede elétrica que apresenta tensão de 13,8 KV, poderá cobrir uma área de até 2 Km, sem perdas. Com esta configuração, assim como a configuração PLIC, todas as tomadas estariam prontas para servirem de ponto de acesso, diferenciando-se apenas no modo de controle e local de interligação dos equipamentos elétricos e de transmissão de dados.

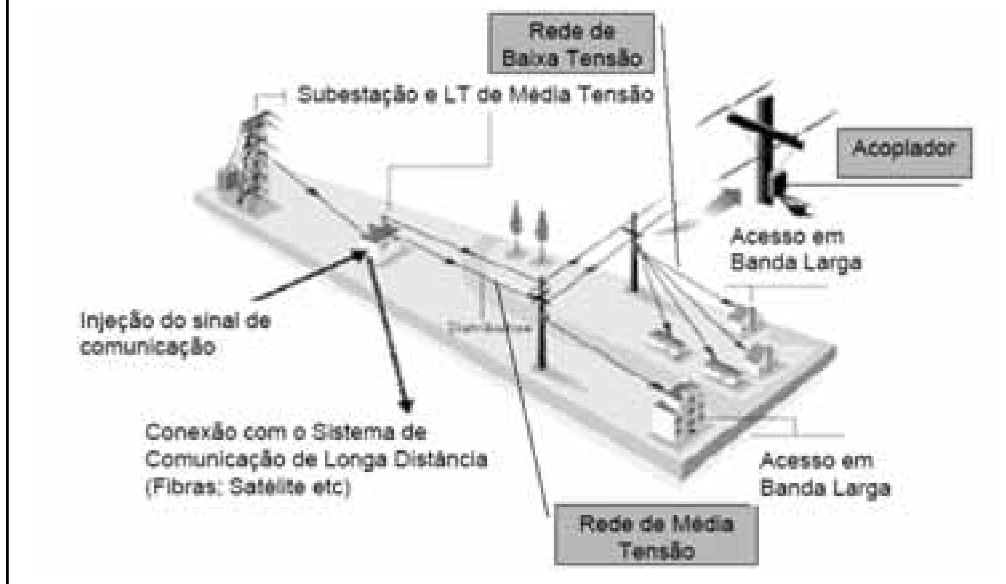
Uma outra característica do tipo PLOC é a possibilidade de se personalizar a taxa de transmissão de acordo com o contrato de assinatura do usuário, tal como existe hoje em serviços ADSL e *Cable Modem*.

A grade de baixa tensão realiza a função do segmento de acesso (última milha) da rede de telecomunicações. A rede de acesso interconecta Modems PLC com o Equipamento PLC de Transformador. O *socket* elétrico convencional torna-se um ponto de conexão a serviços de telecomunicações.

Os Equipamentos PLC de Transformador localizam-se junto aos Transformadores de MT/BT (média tensão/baixa tensão – ver Quadro I). A rede de acesso PLC pode ainda envolver repetidores, em função da distância entre os equipamentos PLC.

O Modem PLC pode ser conectado a uma rede local (LAN) existente na residência do usuário, possibilitando diversos usuários se conectar e dividir uma conexão em alta velocidade, opção que é especialmente útil para SOHOs (Small Offices Home Offices).

Também se pode utilizar a rede elétrica in-house pra estabelecer uma rede local levando o sinal PLC a todos os cômodos da casa ou escritório.



A Rede de Distribuição PLC

É a parte da rede de acesso que pode ter uma abrangência, inclusive metropolitana, que interliga a rede de acesso de última milha aos provedores, ou ao backbone. Observe-se que devido a sua capilaridade potencial recebe uma denominação especial: rede de distribuição.

A rede de distribuição interconecta os Equipamentos PLC instalados nas subestações MT/BT. Esta interconexão admite uma variedade de soluções, que podem ser combinadas. Desta forma a rede de distribuição pode se basear:

- no sistema de distribuição de média tensão, conectando diferentes subestações MT/BT por meio de equipamentos PLC de média tensão (pode se utilizar tanto a rede aérea quanto a rede subterrânea);
- em um sistema de transmissão por fibras ópticas conectando diferentes subestações MT/BT;
- em qualquer tecnologia como xDSL ou LMDS.

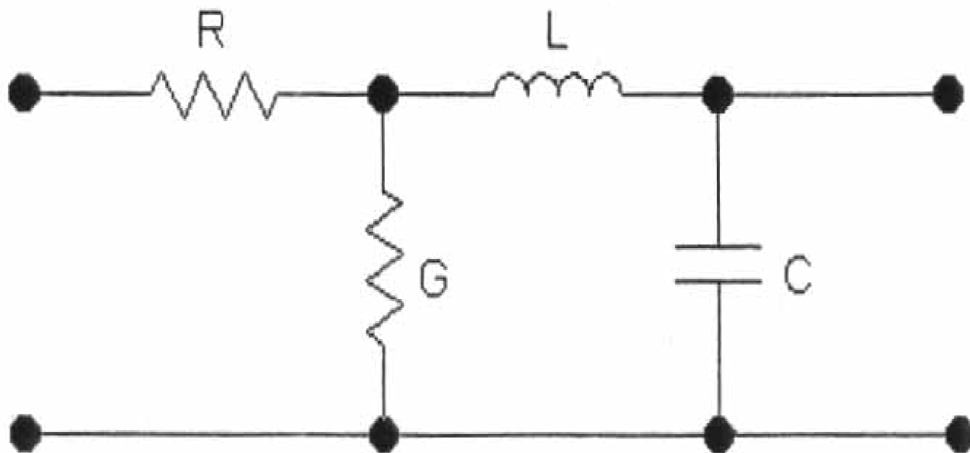
Normalmente as subestações são conectadas por uma configuração de referência em anel com rotas de proteção em caso de falha.

O desenvolvimento de PLC de média tensão é de elevada importância, na medida que impacta positivamente a economicidade e a rapidez de implantação, permitindo as prestadoras e concessionárias de serviços (Utilities) servir-se de suas redes de distribuição para conectar diferentes subestações de baixa tensão.

Em algum ponto da rede de distribuição é necessário interconectar aos provedores de serviço de Internet ou telefônicos. Outros serviços de valor adicionado como *video streaming* e serviços multimídia podem exigir uma interconexão ou serem providos diretamente pelo operador de PLC.

Deve-se observar que embora a interconexão com a PSTN possa requerer equipamentos de comutação adicionais, normalmente de custos elevados, o serviço de voz pode tecnicamente ser provido internamente a mesma rede de distribuição sem custos extras para o provedor de PLC.

Características das Linhas de Transmissão (wireline)



Características das Linhas de Transmissão (wireline)

As linhas de transmissão para telecomunicações (wireline) se caracterizam por possuir grande uniformidade construtiva ao longo de toda sua extensão apresentando, desta forma, valores de indutância, capacitância e resistência em série e em paralelo, que se repetem em qualquer trecho que seja considerado.

Em geral as linhas de transmissão apresentam as seguintes características principais:

Impedância Característica Uniforme: esta condição garante que, uma vez realizada a adaptação de impedância da linha com os equipamentos de comunicação em seus dois extremos, não ocorram reflexões e ondas estacionárias prejudiciais à qualidade de informação a ser transmitida ou recebida. As reflexões são ocasionadas por descontinuidades nos valores da impedância característica ao longo da linha como, por exemplo, variação em seus parâmetros dimensionais (distância entre seus condutores) ou uma carga não adaptada (interposição de linhas com impedância diferente da impedância característica da linha). Quanto mais precisa, estável e uniforme se apresente a linha em relação às suas propriedades dimensionais, elétricas e construtivas, melhor será seu desempenho.

Baixa atenuação para a faixa de freqüências dos sinais a serem transmitidos para uma distância determinada: esta característica, válida para linhas tomadas em ambos extremos, propicia a recepção de sinais transmitidos com amplitude suficiente para que possa ser detectada a presença de ruído sem que seja necessária a transmissão de sinais com amplitudes exageradas ou técnica e economicamente inviáveis.

Baixa irradiação e captação de sinais: esta característica se refere à menor tendência de uma linha de transmissão de irradiar sinais que possam causar interferências em outros serviços, bem como de sofrer interferências de sinais externos. A condição de baixa irradiação e baixa sensibilidade à interferência de sinais externos é normalmente alcançada através da utilização de linhas previamente blindadas, tais como as linhas coaxiais.

Linhas Aéreas de Distribuição em Média Tensão

Estas linhas se apresentam com três diferentes tipos de realização construtiva:

Linha convencional de média tensão: utiliza cabos condutores não isolados de cobre ou alumínio suportados por isoladores transversais montados na parte superior dos postes. Os cabos podem estar situados num mesmo plano ou em planos diferentes, com uma distância entre cabos variando entre 30 e 100 centímetros.

Estas linhas são semelhantes, sob o ponto de vista construtivo, às linhas de transmissão para telecomunicações abertas com condutores paralelos. Suas características construtivas permitem certa liberdade de movimento lateral dos condutores. Conseqüentemente, o valor da impedância característica sofre variações em seus diferentes trechos. Por outro lado, as linhas de comunicações apresentam eventuais cargas ao longo de seu trajeto que são compensadas por acoplamento de impedância, de forma a mantê-la constante em todos os seus pontos. Ao longo das linhas de média tensão existem cargas não acopladas que são os circuitos primários dos transformadores MT/BT. Entretanto, este carregamento apresenta quase sempre uma impedância relativamente elevada para as altas freqüências. Apesar das variações de impedância, espera-se uma transmissão aceitável do sinal por alguns quilômetros de distância. Em geral, os obstáculos para a transmissão do sinal são os seguintes:

• Ruído gerado por isoladores defeituosos (ate 1 MHz);

• Interconexão com trechos de outras redes de impedância característica mais baixa, formando pontos de descontinuidade, que podem ocasionar reflexões dos sinais;

• Linhas atuando como antenas para os sinais de emissões de rádios comerciais até 30MHz;

• Eventual presença de capacitores para correção do fator de potência instalados ao longo das linhas.

Linha compacta de média tensão (linha ecológica): a construção desta linha é viabilizada através da utilização de dispositivos separadores, de quatro cabos, capazes de manter uma distância constante de 10 a 20 centímetros – entre os cabos de média tensão isolados, mas não blindados.

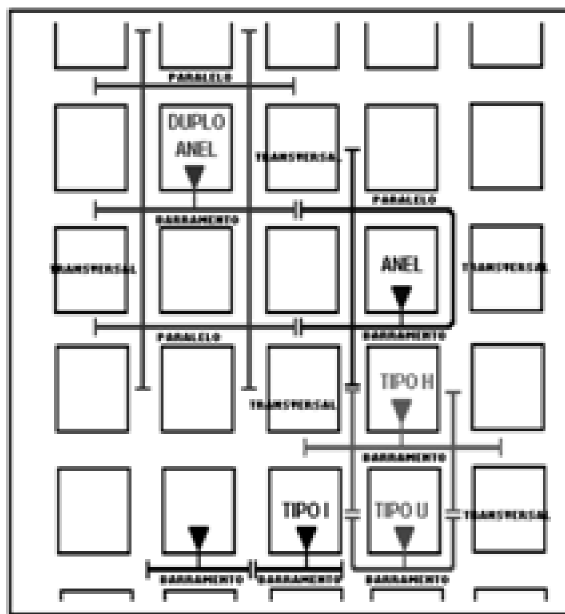
Para estas linhas esperam-se condições mais favoráveis para a transmissão de sinais de alta freqüência, tendo em conta que utilizam o ar como dielétrico e apresentam menores variações de distância entre os condutores; o que, por sua vez, reduz a variação da impedância característica da linha, minimizando as distorções causadas por reflexões. A não existência de isoladores convencionais reduz o nível total de ruído das linhas compactas mas não o elimina, uma vez que estas se conectam às linhas convencionais onde o ruído pode estar presente.

Linhas multiplexadas para média tensão: estas linhas são formadas por 03 cabos de média tensão isolados e blindados que são enrolados em um cabo de aço e montados em fixadores na parte superior dos postes.

Estas linhas utilizam cabos blindados, de construção geométrica semelhante à utilizada em cabos para telecomunicações. Desta forma, apresentam comportamento similar aos cabos coaxiais para comunicação, ou seja, imunidade à radiação e captação de sinais interferentes e impedância característica de valor uniforme. Estas semelhanças sugerem que, para a transmissão de sinais de freqüências elevadas, estas linhas tenham um melhor desempenho quando comparadas aos outros tipos de linhas. Suas limitações se devem a perdas no material dielétrico (inadequado para uso em altas freqüências) e às derivações. Apresentam maior atenuação que as linhas aéreas com condutores paralelos.

Linhas Aéreas de Distribuição em Baixa Tensão

Linha convencional;
Linha compacta (linha ecológica);
Linhas multiplexadas .



Linhas Aéreas de Distribuição em Baixa Tensão

Linha convencional de baixa tensão: estas linhas são construídas utilizando 04 cabos condutores, correspondendo a 03 fases e um neutro. Os condutores são de cobre ou alumínio, sendo suportados por isoladores montados transversalmente ao longo dos postes. Os cabos são montados num plano vertical, separados entre si de 15 a 30 centímetros. As redes de distribuição secundárias operam com circuitos trifásicos com neutro (220V ou 380V entre fases). O número típico de consumidores por transformador é 40 em área residencial. Além dos consumidores, são ligadas na rede secundária as lâmpadas de iluminação pública de vapor de sódio (70 W e 250 W) e vapor de mercúrio (125 W, 250 W e 400 W). Os consumidores são ligados à rede através de cabo multiplex nos seguintes comprimentos: Típico: 17 metros; Máximo: 30 metros.

A figura anterior, mostra as configurações típicas dos circuitos de distribuição secundária, observando que cada quadra representada tem um comprimento de aproximadamente 100 m.

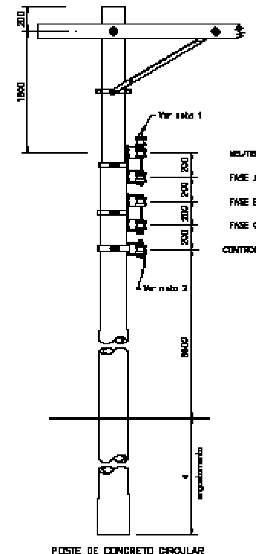
Da figura acima pode-se obter os comprimentos típicos dos diversos circuitos como:

- Tipo I: 100 m
- Tipo U: 200 m
- Tipo H: 400 m
- Tipo Anel: 600 m
- Tipo Duplo Anel: 1200 m

Os modelos de referência podem ser obtidos diretamente da figura anterior, observando-se uma distribuição de carga média equivalente a 40 consumidores por circuito, em área residencial.

Linhas Aéreas de Distribuição em Baixa Tensão (cont)

Neutro
Fase A
Fase B
Fase C
Controle



Linhas Aéreas de Distribuição em Baixa Tensão (cont)

A utilização deste tipo de linha apresenta uma dificuldade prática devido a que grande parte da rede brasileira de iluminação pública utiliza capacitores para fins de correção do fator de potência dos conjuntos lâmpadas/reatores. Como em muitos casos a iluminação é alimentada diretamente a partir da rede aérea de distribuição, estes capacitores atenuam ou bloqueiam a transmissão de sinais de freqüências elevadas. As linhas aéreas de baixa tensão têm comportamento semelhante a linhas de comunicação de condutores paralelos aéreos permitindo, em princípio, a transmissão de sinais de freqüências mais elevadas, sem risco da ocorrência de irradiações questionáveis. Diferem das linhas aéreas de média tensão devido ao fato de que as cargas dispostas ao longo de sua extensão se repetem em intervalos mais curtos e são representadas por cargas de baixa impedância para os sinais transmitidos (lâmpadas incandescentes, por exemplo); além do efeito do desacoplamento de sinal, estas cargas apresentam perdas elevadas, aumentando a atenuação total. Ao contrário das linhas de média tensão, os isoladores nas linhas de baixa tensão não costumam gerar ruído. Podem estar presentes ruídos produzidos pelo homem, tais como aqueles provocados por aparelhos elétricos dotados de motores de escova. Além desses ruídos, estão presentes sinais de emissoras comerciais de radiodifusão em nível comparável aos encontrados em linhas de média tensão. Os ramais de serviço que conectam cada consumidor à linha se constituem em dezenas de pontos de derivação geradores de reflexões. A combinação dos ruídos presentes nas linhas de baixa tensão, com as freqüentes derivações e os elevados valores de atenuação total, faz dessas linhas um ambiente relativamente hostil para a transmissão de sinais de telecomunicações.

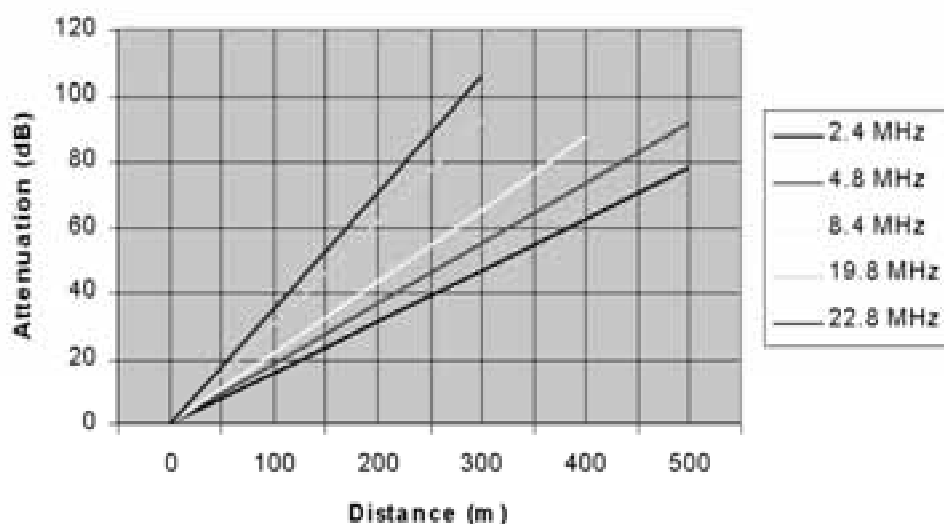
• *Linhas multiplexadas em baixa tensão:* as características construtivas destas linhas são idênticas àquelas de média tensão, utilizando-se cabos de baixa tensão sem blindagem.

Estas linhas apresentam comportamento diverso das linhas secundárias convencionais de baixa tensão por utilizarem condutores trançados e bastante próximos. Isto confere a estas linhas uma menor possibilidade de captação e irradiação, permitindo sua melhor utilização como meio de transmissão de sinais de comunicação.

Redes subterrâneas em baixa tensão: a rede secundária constituída por cabos subterrâneos isolados pode ser do tipo radial ou interligada sendo, neste último caso, alimentada em diversos pontos por diferentes transformadores. Estes, por sua vez, são normalmente alimentados por diversos circuitos primários em anel ou reticulados. As redes subterrâneas utilizam para suas fases e neutro cabos isolados simples, não blindados.

Estas redes são formadas por grandes extensões de cabos de baixa tensão, isolados e não blindados, montados juntos ou separados, podendo apresentar, no caso de sistemas reticulados, grande número de interconexões. A ausência de blindagem nos cabos e a proximidade entre as fases fazem com que essa rede se comporte como uma linha de transmissão de um condutor próximo à terra, na qual seu valor de impedância característica é dependente desta proximidade e apresenta valores elevados de capacitância e condutância à terra. Como normalmente estas interconexões são freqüentes e repetidas, a impedância característica equivalente de alguns trechos pode ser ainda mais reduzida. A combinação de valores muito baixos de impedância característica e de elevados valores de capacitância e condutância para terra é, quase sempre, associada a elevados valores de atenuação. Para uma determinada concentração de grandes consumidores alimentados por estas linhas, diversos transformadores poderão ser agregados de tal forma que a circulação de corrente se dê sempre em trechos curtos. Estes trechos de grande concentração de carga devem ser, portanto, os mais críticos para transmissão de sinais de comunicações. Todas estas características fazem com que o comportamento das redes subterrâneas reticuladas como meio de transmissão de sinais de telecomunicações tenda a assemelhar-se àquele que seria representado por uma superfície metálica com razoáveis valores de condutância e capacitância para a terra. Este modelo não favorece a transmissão de sinais de freqüências elevadas, exercendo sobre estas elevado efeito de atenuação devido a perdas por efeito condutivo e bypass por efeito capacitivo, acrescidos aos efeitos de desacoplamento. Alguns ruídos descritos para as redes aéreas não devem estar presentes em redes subterrâneas devido ao efeito de blindagem. Ruídos e impulsos ocasionados por descargas atmosféricas também não devem se fazer presentes.

Área de Cobertura

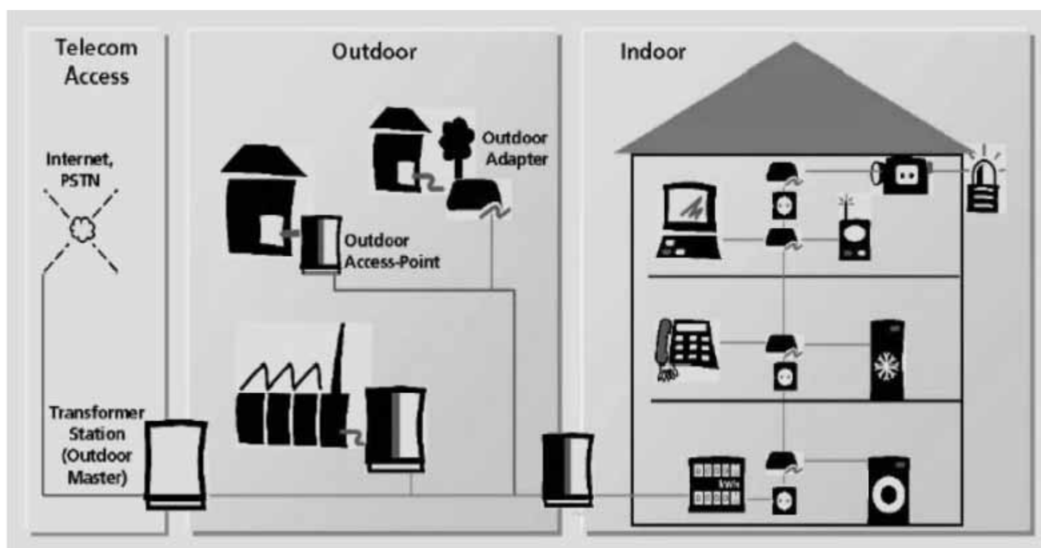


Área de Cobertura

A distância que se pode alcançar em um sistema PLC depende, basicamente, das perdas introduzidas ao longo do sistema de distribuição de potência. A atenuação é diretamente proporcional ao aumento da freqüência. A figura apresentada a seguir, fruto da experiência adquirida pela ASCOM em suas instalações, relaciona a distância média alcançada pelo sistema com a faixa de freqüências utilizadas.

Com estas informações pode-se observar que as distâncias cobertas pelas várias freqüências variam de 150 e 250 m em 2,4 MHz para valores entre 100 a 200 m em 8,4 MHz. Já para a banda de freqüências altas, na região de 20 MHz, utilizada nos enlaces internos, a cobertura cai para a faixa de 70 a 100 m. Nota-se que a distância também é bastante influenciada pelo tipo de cabo de energia utilizado. Em ambos os casos, enlaces internos ou externos, podem ser utilizados repetidores. Nota-se que, em princípio a potência máxima do PLC é de cerca de 1 mW e que um nível médio de recepção aceitável é na casa de -55 dBm. Outro dado importante é que além da atenuação causada pelo cabeamento e conexões, ocorrem perdas devido à qualidade da rede, de suas conexões, à presença de determinados tipos de disjuntores, filtros de linha e protetores contra surtos.

Padrão ASCOM



Padrão ASCOM

O Sistema de Comunicação ASCOM PowerLine é otimizado visando à transmissão de dados sobre sistemas existentes de distribuição de energia elétrica, provendo um "throughput" máximo com um nível mínimo de sinal. O processo de modulação e distribuição de freqüências minimiza interferências de/para serviços de radiodifusão e rádio amador. São aplicadas técnicas para garantir a privacidade dos dados.

O Sistema PLC ASCOM é constituído por três tipos de unidades:

• *Unidade OM (Outdoor Master)* que recebe os dados em uma entrada RJ-45, 10 base T, e os acopla à rede de energia, modulando portadoras na faixa de 2 a 10 MHz;

• *Unidade OAP/IC (Outdoor Access Point / Indoor Controller),* constituída por dois módulos, normalmente instalada no quadro de entrada de energia das residências, que recebe os sinais vindo da unidade OM (Outdoor Master) e os transfere, por meio de um jumper físico 10 base T, à unidade IC (Indoor Controller). A seção Indoor Controler remodula o sinal de dados na faixa de 18 a 28 MHz, injetando-o na rede elétrica interna.

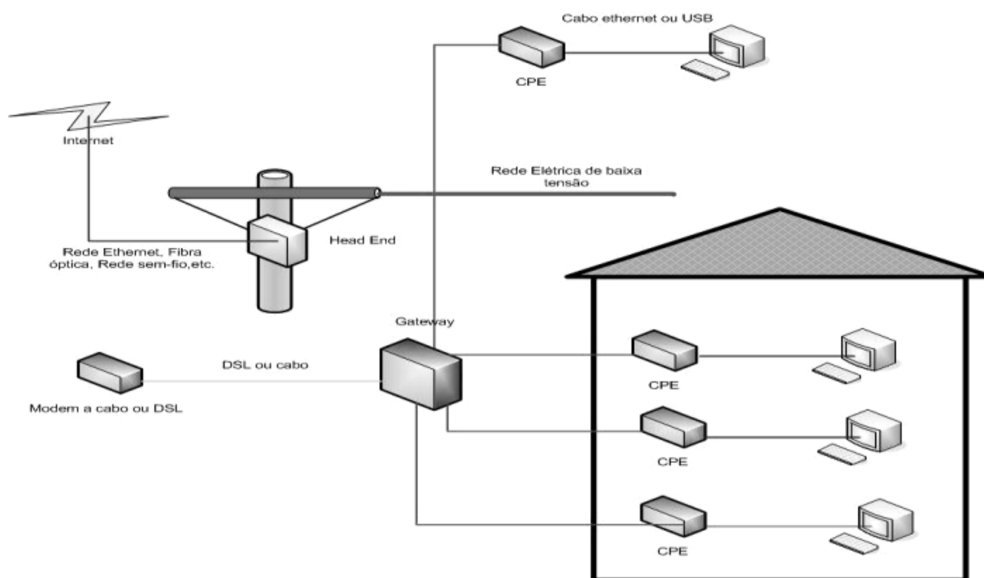
• *Unidade IA (Indoor Adapter),* que é o Modem de cliente, que captura o sinal de dados em uma tomada de energia qualquer e o disponibiliza em uma conexão 10 base T ao usuário.

A modulação usada é do tipo GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) que se baseia na mudança de fase da portadora para realizar a modulação. São usadas 4 portadoras. A taxa máxima de transmissão para a rede interna e externa é de 4,5Mbps para cada uma.

O controle de acesso ao meio é realizado por TDMA, sendo controlado pelo Outdoor Master.

A encriptação dos dados e feita através do algoritmo RC4 com troca de chaves pelo método Diffie-Hellman

Padrão DS2



Padrão DS2

A DS2 na realidade não fabrica diretamente os produtos para as redes PLC. Ela fabrica apenas o chip que é usado nos modems PLC. A tecnologia da DS2 cobre tanto as redes externas quanto as internas (o padrão não é compatível com o HomePlug), formando uma solução completa para o fornecimento de acesso à Internet até o usuário final. A tecnologia é similar ao HomePlug em vários aspectos. É usada uma freqüência de 1 a 38MHz para as redes interna e externa, modulação OFDM com o uso de 1280 subportadoras, fornecendo uma taxa de transferência de 45Mbps.

A rede é constituída de três principais dispositivos:

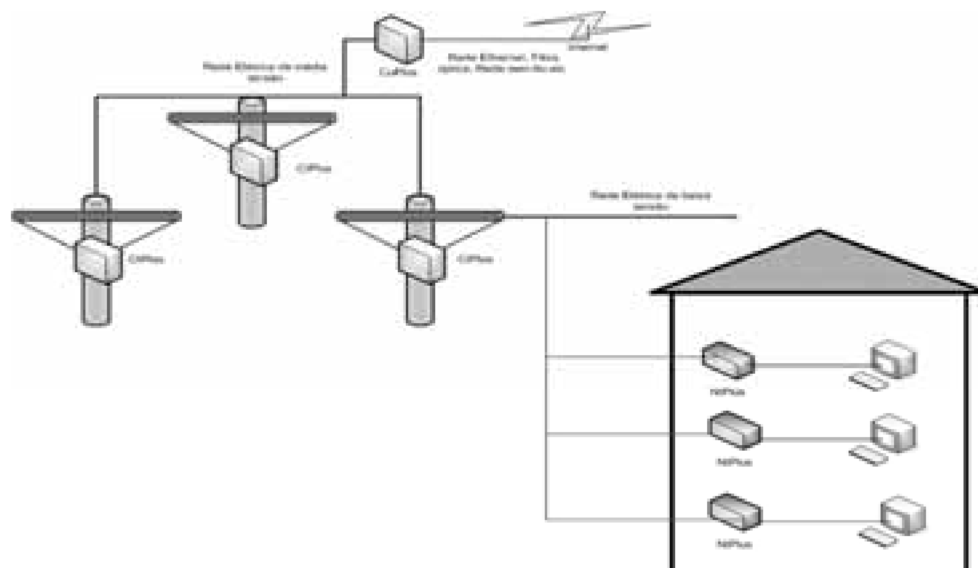
Modem de alta velocidade HE (Head End)

Modem PLC CPE (Customer Premises Equipment or CPE)

Gateway opcional.

O modem HE é conectado a um backbone ligado à Internet e à rede elétrica de média ou baixa tensão. Nos transformadores de baixa tensão, são ligados gateways que por sua vez fornecem o acesso a casas ou prédios. Dentro de casa ou apartamento de um prédio pode-se utilizar o modem CPE, que se comunica com o HE por meio da rede elétrica. Os gateways, geralmente, também possuem outras tecnologias de acesso, como DSL e cabo para a ligação até o usuário final.

Padrão Main.Net



Padrão Main.Net

O padrão Plus da Main.Net, além de oferecer uma solução para a rede externa e interna, também tem um dispositivo para leitura automática do consumo, usando a mesma rede de dados da Internet.A velocidade da rede é de 2,5Mbps.

Os quatro dispositivos que compõem a solução de acesso externo são:

CuPlus (*Concentrating Unit Plus*) – Esse é o módulo que faz a ligação entre o backbone e a rede PLC de média ou baixa tensão.

RpPlus (*Repeater Unit Plus*) – É um repetidor, para ser usado quando a distância a ser percorrida pelo sinal for muito grande.

CtPlus (*Communications transformer Plus*) – Permite a comunicação por meio das redes de média tensão, ligando os vários CuPlus. Esse dispositivo é particularmente útil em redes onde cada transformador de baixa tensão alimenta poucas casas, pois seria muito custoso fornecer um link com a Internet a cada um destes transformadores.

AmrPlus (*Automatic Meter Reading*) – Possibilita a leitura do medidor de consumo de forma remota

Para a rede interna, ela conta com os seguintes dispositivos:

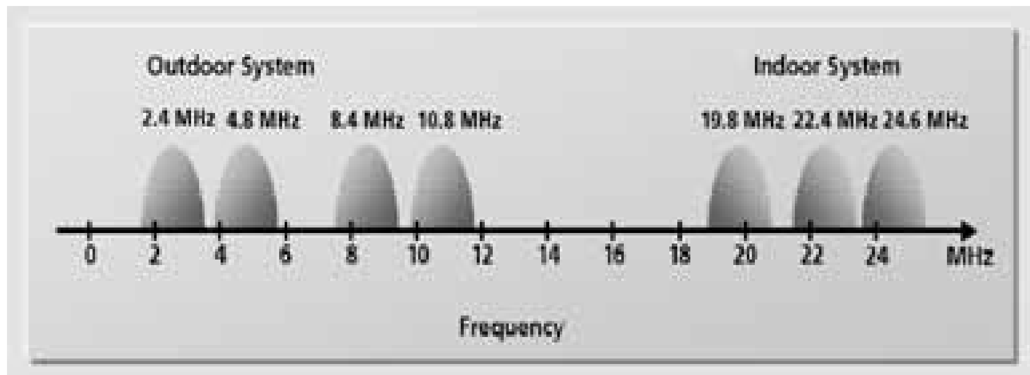
NtPlus (*Network Termination*) – Esse é o dispositivo que faz a conexão do CuPlus ou RpPlus até o usuário final.

TelPlus (*Telephony Plus*) – Permite que sejam oferecidos serviços de telefonia sobre a rede PLC.

Também existe o módulo NmPlus (*Network Management*) que permite a monitoração de todos os outros módulos por parte da concessionária que administra a rede PLC.

Faixas de Freqüência

O sistema *PLC utiliza duas faixas de freqüência. A primeira faixa* é utilizada para transmissão "*Outdoor" a segunda* é utilizada para transmissão *Indoor entre "Repetidores" e Modems,*



Faixas de Freqüência

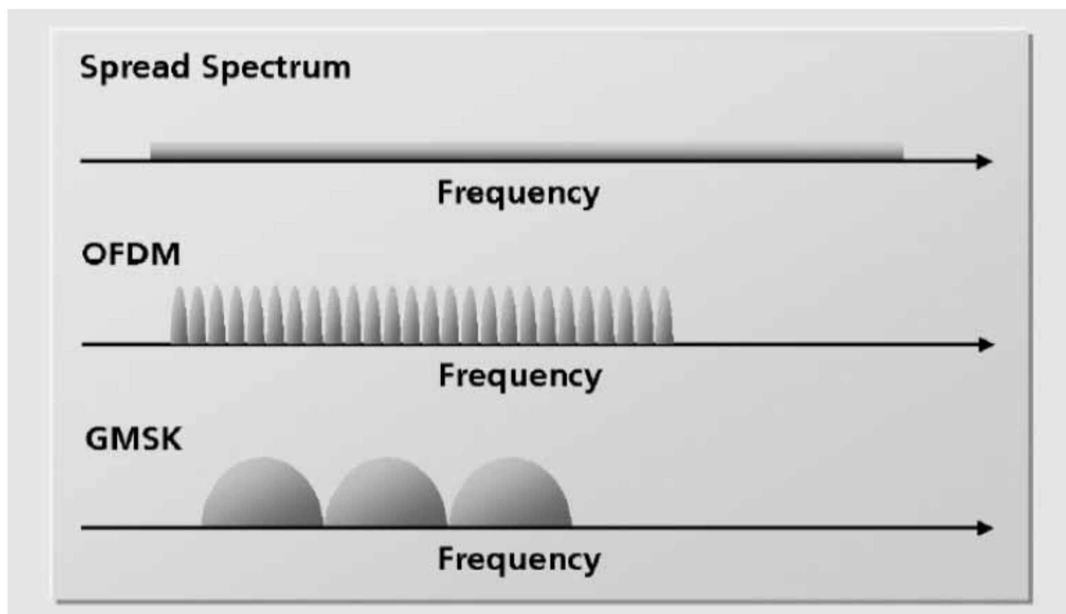
O sistema *PLC utiliza duas faixas de freqüência. A primeira faixa está* compreendida entre 1MHz e 12MHz e é utilizada para transmissão "*Outdoor". É* nesta faixa de freqüência que haverá comunicação entre o "*Master" e os Modems* mais próximos dos transformadores e entre o *Master e os Repetidores.*

A outra faixa de freqüência compreendida entre 18MHz e 26MHz é utilizada para transmissão *Indoor entre "Repetidores" e Modems, o* diagrama apresenta o espectro de freqüência utilizado pelo sistema.

A escolha das freqüências de operação das portadoras se baseou em medições e planejamento de freqüências na banda de rádio de ondas curtas e de acordo com o trabalho em andamento no CENELEC e na Norma NB-30 (Nutzungbestimmung) do órgão regulador alemão. Além disto, o sistema também satisfaz a norma européia CISPR 55022.

Cada sistema PLC opera simultaneamente em três freqüências, cada uma delas provendo ao usuário uma taxa entre 750 e 1500 Kbps, o que resulta em uma capacidade entre 2,25 e 4,5 Mbps, tanto para o Sistema Interno como para o Externo.

Tipos de Modulação



Tipos de Modulação

A seqüência Direta de Espalhamento do espectro, DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum): A técnica da modulação do espectro de propagação é usada extensamente em aplicações militares. Fornece uma densidade espectral da potência muito baixa espalhando a potência do sinal sobre uma faixa de freqüência muito larga. Este tipo de modulação requer, conseqüentemente, uma largura de faixa muito grande para transmitir diversos Mbits/s. Como a largura de faixa disponível é limitada, esta técnica é ideal para transmitir taxas de dados mais baixas nos cabos de energia elétrica.

Multiplexação por Divisão de Freqüência Ortogonal, OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing): A multiplexação por divisão de freqüência ortogonal consiste em um grande número de portadoras estreitas distribuídas, lado a lado. Esta modulação adapta-se facilmente às características de variação do canal, sendo as portadoras interferidas eliminadas, obviamente havendo a correspondente diminuição na taxa de transmissão.

A desvantagem do OFDM é a necessidade de um amplificador de potência altamente linear, para evitar as interferências nas faixas de freqüências mais elevadas devido aos harmônicos das portadoras. Tais harmônicos são gerados na faixa não-linear do amplificador de potência e representam um fato importante nas técnicas de modulação.

Modulações estreitas da faixa, GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying): A Modulação GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) é o mesmo método de modulação utilizado na modulação GSM (Global System for Móbile Communications). O GMSK é um tipo especial de modulação de faixa estreita que transmite os dados na fase da portadora, resultando um sinal de envelope constante. Isto permite o uso de amplificadores menos complexos, sem produzir distúrbios harmônicos. O sistema multi-portadoras GMSK pode ser considerado como um sistema OFDM banda larga. O GMSK tem um formato de espectro do tipo Gaussiana, dai a origem do seu nome.

Espalhamento Espectral

- Imunidade com relação a ruídos e interferências
- Imunidade a distorções devido a multipercursos
- Imunidade a interferências e de desvanecimentos de banda estreita
- Diversos usuários podem compartilhar a mesma banda de freqüência, com baixa interferência
- Podem ser usados para a criptografia dos sinais

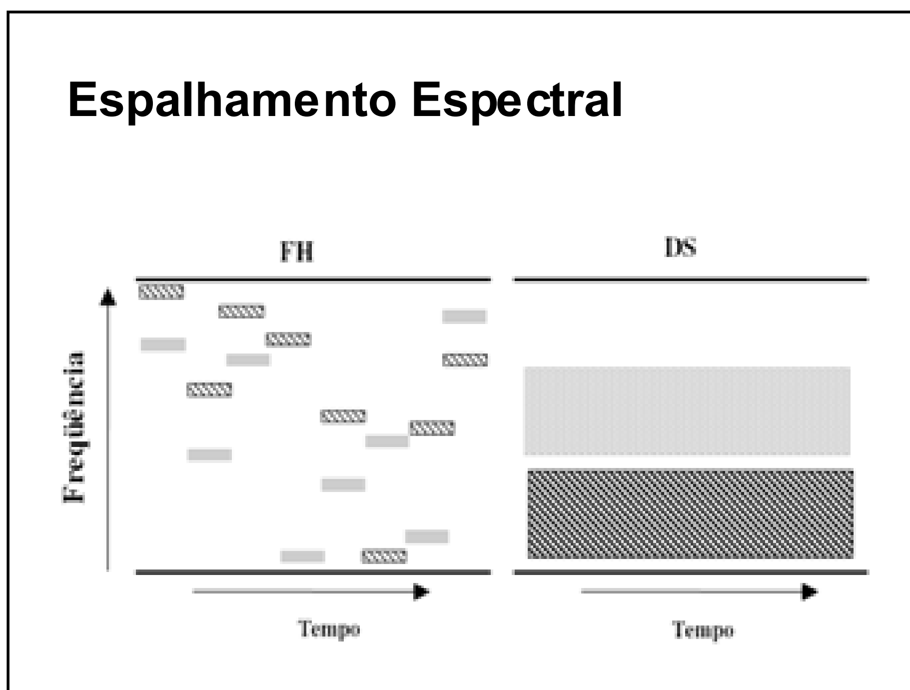
Espalhamento Espectral

A tecnologia de Espalhamento Espectral ou Spread Spectrum é hoje um dos processos mais utilizados para interligação de sistemas sem fio com confiabilidade e sigilo. A principal razão disso é a sua capacidade de codificação inerente, que faz com que seja muito difícil a interpretação ou interceptação dos sinais emitidos por unidades não autorizadas. Por outro lado, devido à sua própria natureza, os canais de rádio que operam em Espalhamento Espectral conseguem funcionar adequadamente em ambientes agressivos, do ponto de vista eletromagnético, onde os sistemas com modulação tradicional tendem a falhar. Este é, por exemplo, o caso de ambientes industriais, saturados por interferências causadas pelo funcionamento de máquinas e sistemas de comunicações mal dimensionados.

A tecnologia de Espalhamento Espectral, como todos as grandes inovações é, no seu âmago, muito simples: O primeiro passo do processo é codificar a informação de modo que ela tenha formato de ruído, transmiti-la e, no ponto de recepção, recuperá-la sem erro.

Nos sistemas convencionais de modulação ocorre uma tentativa de maximizar a concentração de energia para uma dada mensagem. O sistema de Espalhamento Espectral toma a direção oposta, espalhando o sinal por uma faixa muito maior que a faixa de freqüência original da mensagem. Ou seja, o espectro de freqüência do sinal codificado é muito maior que o espectro de sinal da informação.

Por outro lado, como o sistema distribui a energia em uma grande faixa de freqüências, a relação sinal/ruído na entrada do receptor é baixa, chegando mesmo, em alguns casos, abaixo do nível de ruído dos receptores convencionais e, portanto, tornando-se invisível para os mesmos. No receptor do sistema de Espalhamento Espectral o processo recíproco ao espalhamento é realizado, restaurando o nível adequado das mensagens. Define-se como parâmetro de comparação à grandeza Ganho de Processamento, que indica a melhoria da relação sinal/ruído que o sistema é capaz de obter sobre um sistema que não utiliza Espalhamento Espectral.



Espalhamento Espectral

Existem dois processos principais para a codificação da informação e geração do Espalhamento Espectral: O primeiro é chamado de "Salto de Freqüência" (Frequency Hopping - FH) e o segundo é a "Seqüência Direta" (Direct Sequence - DS). No FH a informação simplesmente "pula" de um canal de freqüência para outro, de forma codificada no tempo. Nesse caso, o receptor só poderá encontrar o sinal nos vários canais, se ele souber onde sintonizar, ou seja, se souber previamente as posições de freqüência onde o transmissor vai "pular". Se algumas freqüências estiverem sofrendo interferência por sinais espúrios, a informação ainda pode ser recuperada pelo processamento dos outros canais da seqüência dos "pulos".

O código FH, que determina a seqüência de "pulos de freqüência", é gerado por um circuito chamado gerador de pulsos Pseudo-Aleatórios. O mesmo código deve ser usado no transmissor e no receptor, de modo que os dois saibam a próxima freqüência a ser usada. O gerador de código deve ser síncrono no transmissor e receptor, o que é obtido por um sinal piloto de sincronização.

Geradores de código Pseudo-Aleatórios (também chamados de códigos "Pseudo-Noise" ou PN) produzem códigos com aproximadamente o mesmo número de "zeros" e "uns", e seqüência definida. Após um dado número de bits, chamado de comprimento de código, eles se repetem. Códigos que são completamente aleatórios, e não se repetem, não podem ser realizados e não são distinguíveis do ruído. O Ganho de Processamento para o FH é uma função direta do número de canais de saltos nos quais está sendo espalhada a informação transmitida.

Na técnica de seqüência direta (DS) a codificação em Espalhamento Espectral é implementada pela mistura da informação com um sinal de código de alta taxa de bits. A saída do modulador conterá, portanto, a informação espalhada pelo sinal codificador.

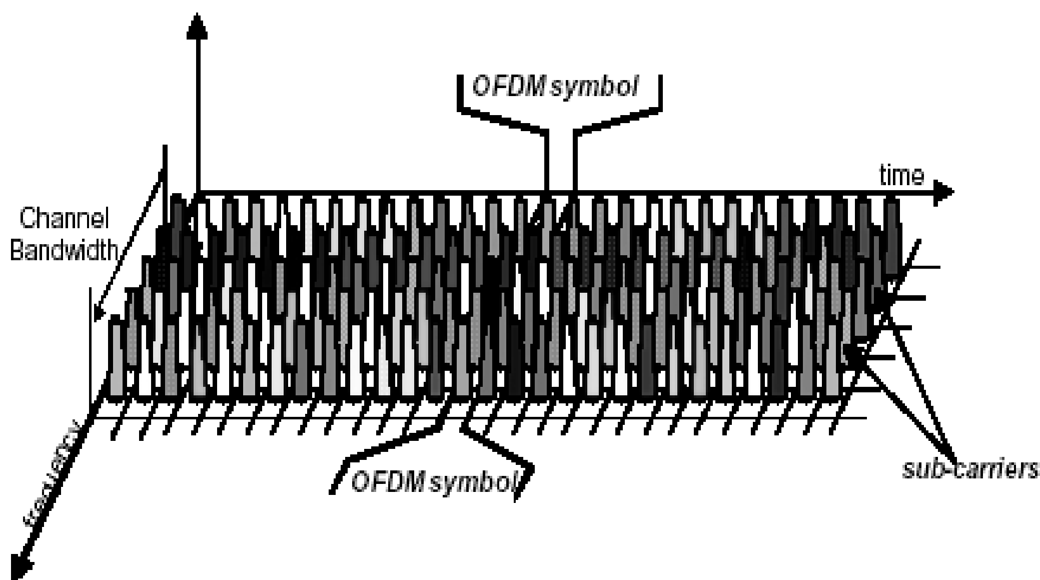
Os tipos de modulações geralmente utilizados na DS são o chaveamento binário por deslocamento de fase (BPSK), ou o chaveamento por quadratura de fase (QPSK). O sinal codificador para a DS é gerado por um circuito similar ao FH, com a diferença que o fator de Espalhamento Espectral obtido na DS (Ganho de Processamento) é a razão entre a taxa do código Br (conhecido como "chip rate") e a taxa de bits da informação Rc.

O sinal DS é recuperado no receptor por uma modulação complementar usando um código similar ao do transmissor, e sincronizado com o mesmo. Um sistema DS bem projetado pode rejeitar interferências por uma quantidade relacionada ao valor do Ganho de Processamento.

Potenciais sinais interferentes que chegarem ao receptor são "espalhados" em freqüência pelo mesmo processo que recupera o sinal desejado. Desse modo, o receptor consegue recuperar a informação mesmo na presença de sinais interferentes de faixa estreita, e com densidades de potências muito maiores que a do sinal desejado.

Nos dois casos, FH e DS, a recepção é impossível para receptores que não conhecem o código do transmissor.

OFDM Orthogonal Frequency Division Multiplex



OFDM Orthogonal Frequency Division Multiplex

A modulação OFDM utiliza diversas portadoras ortogonais para transmitir um sinal. Mas antes de ser modulado na portadora, este sinal passa por diversas etapas de processamento que melhoram ainda mais a performance alcançada pelo OFDM.

Primeiro, os dados são submetidos a sistemas de proteção de erro que são a inserção de um código corretor de erros como por exemplo o Reed- Solomon e embaralhamento (scrambling), em que os bits de um mesmo byte são todos misturados.

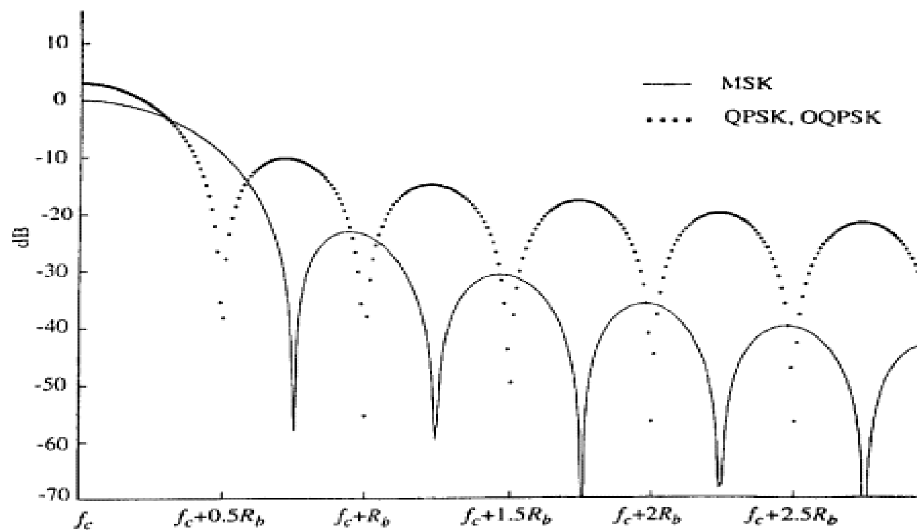
Em seguida, os bits passam por um processo de entrelaçamento ou interleaving, no qual eles são reorganizados de modo que bits subseqüentes passam a ser separados no tempo. Desta forma, a informação torna-se mais imune a erros do tipo rajada (erros de burst), que atingem bits subseqüentes, pois após este processamento, estes erros passam a atingir bits pertencentes a diversos bytes diferentes, que estão muito distantes na informação original. Isto torna mais fácil a recuperação do sinal original no receptor.

No processo de modulação OFDM, diversas portadoras em freqüências diferentes são utilizadas para modular o sinal digital, sendo que cada portadora transporta apenas alguns bits do sinal original após passar pelos processos de interleaving, embaralhamento e incluir códigos de correção de erro. Estas portadoras são ortogonais entre si, para evitar que haja interferência entre elas. Isso significa que o espaçamento entre as portadoras é igual ao inverso da duração de um símbolo.

A figura mostra como as portadoras são separadas no tempo e na freqüência. As portadoras são ilustradas com cores diferentes mostrando que pedaços de um mesmo bit são transmitidos por portadoras distantes entre si tanto no tempo como na freqüência.

Estas portadoras podem ser moduladas utilizando, por exemplo, QPSK, 16 QAM ou 64 QAM. Desta forma, cada portadora pode transportar uma taxa relativamente baixa de bits. Além disso, como cada parte do sinal é transportada por uma portadora em uma freqüência diferente, isso permite também imunidade ao sinal quanto à interferência em freqüências específicas, uma vez que somente uma pequena quantidade de bits serão atingidos, os quais estão bem distantes no sinal original.

BFSK, MSK e GMSK



Espectro MSK, QPSK e OQPSK - f_c é a freqüência da portadora

BFSK, MSK e GMSK

Os esquemas que serão agora apresentados, conhecidos por técnicas de modulação de fase contínua, evitam a necessidade de linearidade de amplificação, permitindo o uso de amplificadores mais eficientes. O sinal modulado ocupa uma faixa estreita (a irradiação fora da banda é da ordem de –70 dB a –60 dB) embora, por outro lado, essas técnicas apresentem menor eficiência de uso da banda. Se eficiência de banda é mas importante que eficiência de potência, esses esquemas de modulação não são indicados.

O esquema BFSK tem o mesmo desempenho que o ASK em termos de E_b / N_0 . A probabilidade de erro de bit em ambos os esquemas de modulação é dependente apenas da relação E_b / N_0, de forma que o BFSK tem, então, o mesmo desempenho que o ASK quanto à probabilidade de erro de bit. Permite deteção não-coerente

MSK (Minimum shift keying) e GMSK (Gaussian Minimum shift keying) são dois casos especiais da técnica FSK, nos quais a informação de fase do sinal recebido é explorada de tal forma que há um aumento considerável no desempenho quanto a ruído. Em ambos os casos, cada símbolo é identificado por uma freqüência de portadora.

MSK é uma técnica FSK com índice de modulação 0,5. O índice de modulação FSK tem definição semelhante à do índice de modulação de FM: $k_{FSK} = (2Df) / R_b$, onde Df é o desvio máximo de freqüência e R_b é a taxa de bit.

A Figura mostra que o espectro MSK tem lobos laterais mais baixos que o QPSK e o OQPSK. No QPSK e no OQPSK, 99% da energia está contida em uma faixa de freqüências cerca de sete vezes maior que a ocupada pelo MSK (para a mesma percentagem), ou seja, o MSK possui maior eficiência na ocupação do espectro (espectro mais estreito). A figura também mostra que o lobo principal do MSK é mais largo que o dos outros dois esquemas e, portanto, se comparados em termos de banda até primeiro nulo, o MSK é menos eficiente que as técnicas PSK.

Sinais MSK podem ser amplificados usando-se amplificadores não-lineares de alta eficiência. Uma outra vantagem reside no fato de que o MSK tem circuitos simples de sincronização e demodulação. Quanto à probabilidade de erro, a técnica MSK tem desempenho igual à técnica QPSK.

Comparativo

Comparativo entre algumas técnicas de modulação

Modulação	eficiência de uso da banda (bps / Hz)	relação sinal-ruído requerida (dB)
BPSK	1	11,1
QPSK	2	14,0
PSK (16 níveis)	4	26,0
MSK (2 níveis)	1	10,6
MSK (4 níveis)	2	13,8

Comparativo

A técnica GMSK realiza a modulação utilizando pulsos de formato gaussiano. O GMSK é uma extensão do MSK, onde a amplitude dos lobos laterais é reduzida ainda mais.

Com essa técnica, consegue-se maior diminuição na banda ocupada porém, como o pulso usado não satisfaz ao critério de Nyquist de cancelamento de interferência intersimbólica, há uma degradação no desempenho. Dessa forma, quando o esquema GMSK é usado, deve ser estabelecido um compromisso entre banda de RF desejada e interferência intersimbólica aceitável.

É uma técnica muito atraente por possuir excelente eficiência de potência (por ter envelope constante, como o MSK) e por sua grande eficiência na ocupação do espectro (maior que a alcançada pelo MSK).

As técnicas MSK e GMSK são especialmente atrativas para comunicações móveis dadas as suas características de redução de interferência de canal adjacente (espectro estreito) e alta eficiência de potência (levando a baixas taxas de erro).

Cabe ressaltar que técnicas M-árias em geral, especialmente as que empregam muitos níveis (M grande), não são muito atraentes em comunicações móveis pela sua grande sensibilidade aos problemas apresentados por este canal. Uso de tons piloto e equalização é requerido em muitos desses sistemas, tornando-os pouco populares.

Como considerações finais, pode-se dizer que: se maior eficiência de uso da banda e equipamentos de complexidade razoável são pontos chave, esquemas como QPSK e p/4 QPSK são boas escolhas. Por outro lado, se aumento de isolamento espectral e uso de amplificadores não-lineares são questões importantes, e o aumento de complexidade de equipamento não é de grande importância, o GMSK é a melhor solução. Um aumento de eficiência de uso da banda pode ser obtido usando-se técnicas de codificação adequadas.

Comparação com Outras Tecnologias

A tecnologia PLC, como tecnologia de telecomunicações, aplica-se no segmento de acesso e no segmento de distribuição, permitindo flexibilidade e universalidade na composição da rede de telecomunicações.

Tecnologia	PLC		HFC	xDSL	WiFi	FTTH
Backbone	Fibra Óptica		Fibra Óptica	Fibra Óptica	Fibra Óptica	Fibra Óptica
Distribuição	FO/LMDS	PLC MV			LMDS	
Acesso	PLC LV		Coaxial	xDSL		

Comparação com Outras Tecnologias

A tecnologia PLC, como tecnologia de telecomunicações, aplica-se no segmento de acesso e no segmento de distribuição, permitindo flexibilidade e universalidade na composição da rede de telecomunicações.

A tecnologia PLC, como tecnologia de Acesso, está bem posicionada e se tornando uma alternativa competitiva com as tecnologias de acesso, dada a sua tendência de redução de CAPEX por usuário e rapidez de implantação.

Acesso a Internet em Banda Larga: Atualmente se constitui na principal aplicação de PLC. O serviço é similar a outros serviços de banda larga fornecidos pelo mercado, com velocidade de até 200Mbps compartilhado, permitindo aos usuários acessar os mais variados Serviços de Internet. As ofertas comerciais disponíveis no mercado fornecem, por exemplo, acessos com velocidade em torno de 600 kbps, para cliente residenciais.

Telefonia: O fornecimento de telefonia através de VoIP (protocolos SIP, H.323) ratifica a posição de PLC como uma alternativa de rede de acesso de telecomunicações.

A telefonia VoIP está atingindo os níveis de qualidade da telefonia tradicional comutada e os experimentos na Europa confirmaram a elevada qualidade através da preferência dos usuários. A tecnologia PLC permite priorizar os dados VoIP na entrega de tráfego a rede, para obter a máxima qualidade de serviço.

Um dos benefícios imediatos para a concessionária de energia elétrica com o uso da tecnologia PLC, pode ser a aplicação de voz corporativa, onde as chamadas telefônicas entre usuários da mesma rede de distribuição não necessitam ser comutadas para as redes de prestadoras de serviços de telecomunicações.

Aplicações típicas de prestadoras de serviços de utilidade: Há, na implantação de uma rede PLC, um conjunto de benefícios potenciais para o serviço de utilidade pública e para a prestação de serviços pela empresa de energia na medida que possibilita um incremento de eficiência operacional e utilização de sua infra-estrutura, permitindo o acréscimo de serviços de valor adicionado ao portfolio da empresa .

Isto significa que o serviço de voz é fornecido sem custos adicionais quando as duas partes da chamada são usuários da mesma rede PLC.



Aplicações

As possíveis aplicações incluem leitura automática de medidores, supervisão e gerência da demanda, análise de sobrecargas, notificação de quedas, supervisão de perda de fase, caracterização de falhas, e muitas outras. Outras aplicações adicionais podem ser instaladas, como:

Tele-controle de subestações de transformadores;

AMR–Automatic Meter Reading: Leitura remota de parâmetros de energia elétrica (tensão, corrente, potência, etc...), podendo ser compartilhados, caso conveniente, com a concessionária de distribuição de água e gás;

Voz corporativa, ou seja, para o pessoal interno a corporação (baseada em VoIP);

Tarifação sobre leituras em tempo real;

Autorização e desconexão remotas de interruptores e dispositivos pelos usuários (razões de segurança) e controle operacional de ações remotas;

Mudança remota de parâmetros contratuais sem necessidade de acesso ao medidor (por exemplo, potencia máxima);

Comparação entre a energia fornecida pelos transformadores e a energia consumida;

Detecção de roubos e prevenção de uso não autorizado de medidores;

Supervisão da qualidade de serviço fornecida a cada consumidor (por exemplo, número e extensão das interrupções de serviço);

Detecção de fraudes;

Previsão de consumo, gerência de consumo, e serviço automatizado dos usuários.

Decorrentes destas aplicações poderão surgir outras utilidades:

Flexibilidade no período de tarifação;

Erros de leitura e diminuição das disputas legais com os usuários;

Soluções mais rápidas para reclamações legais;

Estrutura tarifária mais simples;

Estabelecimento simplificado de contratos;

Otimização do consumo.

Programas de supervisão e gerência da demanda poderão ser desenhados para incentivar os usuários a modificar seu nível e padrão de consumo ou gerenciar remotamente o serviço fornecido:

Desconexão imediata, desde que autorizada pela Regulamentação;

Aviso ou retardo de desconexão;

Registro em separado de consumo para o pagamento apropriado sem desconexão.

A tecnologia PLC pode permitir a identificação ou até mesmo a predição de algumas falhas de equipamento e sua localização.

Outras aplicações: A tecnologia PLC pode contribuir para complementar o conjunto de aplicações de telecomunicações existentes, tanto no nível metropolitano (por exemplo, WiFi, 3G) quanto no nível doméstico (jogos, video on demand, vídeo conferência, home automation, home networking, segurança e alarmes, etc).

Finalmente, pela forma como a tecnologia vem sendo desenhada, todas as potenciais aplicações dos Serviços Internet e protocolos IP poderão ser implementados sobre redes PLC, por exemplo Teleworking, Tele-Surveillance Telemedicine and e-Health, e-Learning, e-Government, com alta da disponibilidade de largura de banda, fornece uma plataforma de comunicações bidirecionais em banda larga, útil em uma ampla variedade de aplicações e serviços de valor adicionado que a autorizada se habilita a prestar.

O Futuro

PLC: Present					PLC: Future	
Residential Automation	sensor network	Security	Internet Access	Internet Access	Internet Access	Multimedia
Voice over PLC (VoPLC)		Internet Access	Video Conference	HDTV	HDTV	Internet Access
10 kbit/s	100 kbit/s	500 kbit/s	10 Mbit/s	100 Mbit/s	200 Mbit/s	400 Mbit/s

O Futuro

Permite aumentar a competitividade no fornecimento da Rede de Acesso (especialmente a última milha) e acelerar a difusão dos principais objetivos da inclusão digital. A implantação de PLC é muito rápida quando comparada com a maior parte das tecnologias competitivas, já que se baseia na infra-estrutura existente.

Apresenta custos competitivos e com uma forte tendência a melhorar com a queda dos custos dos equipamentos decorrente do desenvolvimento de mercado.

É pouco provável que a Tecnologia PLC (BPL) venha a ser muito utilizada nos grandes centros, pois na maioria das vezes, nestes lugares, já há uma boa estrutura de cabeamento para comunicações. Pode se tornar o principal meio de acesso nesses lugares, como localidade rurais ou cidade afastadas dos grandes centros.

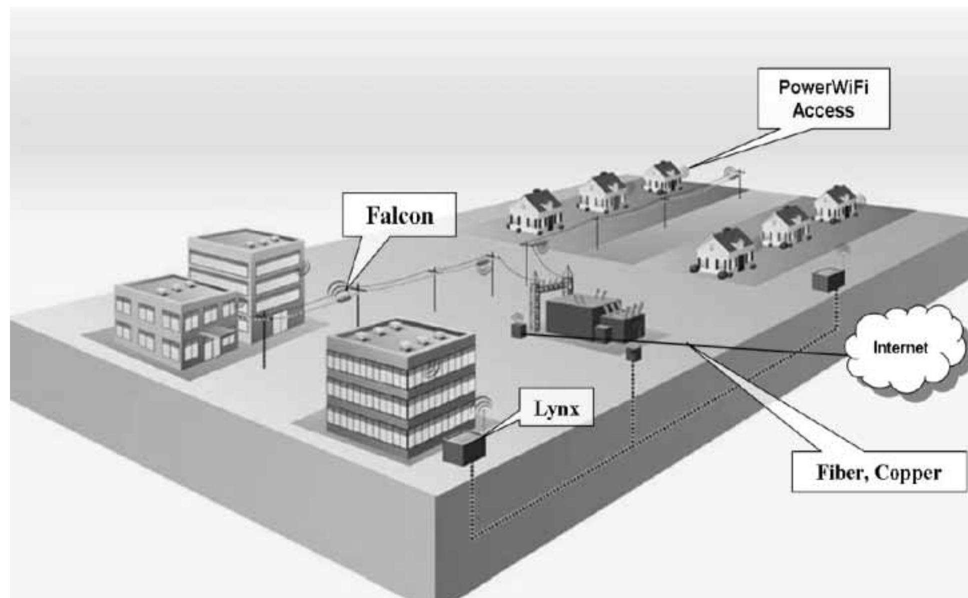
No Brasil, iniciativas desse tipo não contam com o apoio e incentivos do governo, por isso, nosso futuro fica determinado pelo interesse financeiro de grandes empresas que são responsáveis pelas redes de comunicação.

Outras Tecnologias
Outdoor
Indoor

Prof.: Julio Ross
julioross@msn.com

Anotações

Amperion



Amperion

O sistema "Amperion Connect" oferece um conjunto de produtos de hardware e software que permite serviços de acesso de banda larga para usuário residencial e corporativo, backbone e serviços próprios de empresas de utilidades. O acesso PowerWiFiTM interliga a rede de Power Line com o usuário final via uma conexão 802.11b, o que permite o emprego de equipamentos ditos "de prateleira" por parte do usuário final. Os equipamentos Amperion fornecem 15 a 20 Mbps ao longo da rede de média tensão. A versão atual de Amperion ConnectTM utiliza padrão 802.11b nos pontos de acesso do cliente (Repetidor/Extrator ouExtratores), o qual tem uma cobertura com raio de aproximadamente 182 metros (600 ft). Caso sejam utilizadas antenas unidirecionais no CPE (*Customer Premise Equipment*) o raio pode ser estendido até 305metros (1000 ft). O *Throughput* por Repetidor/Extrator é de 11Mbps nominal e 4-6Mbps entregue. Este valor é consistente com a máxima taxa de dados do 802.11b. A Amperion pretende num futuro próximo incorporar nos seus produtos os rádios 802.11a e g que certamente aumentarão o *throughput* do sistema.

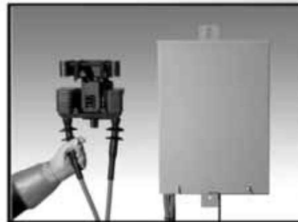
A Amperion aproveita a infra-estrutura existente de media tensão e utiliza tecnologia standard em PowerWiFi conseguindo, desta forma, minimizar os custos de instalação por usuário (i.e., sem instalações adicionais, os clientes podem adquirir equipamentos numa loja de eletrônica e acessar imediatamente a rede Amperion *Broadband*). Incorporando o PowerWiFi, a Amperion tem sido capaz de aproveitar os avanços da industria WiFi , a qual está focada em criar melhorias na segurança e performance do atual standard 802.11b. Esta tendência de evolução pode ser verificada na migração para 802.11g e outras arquiteturas ainda mais seguras.As novas tecnologias *wireless* são facilmente incorporadas aos produtos Amperion. Os usuários finais recebem enormes vantagens de custo devido à escala e, também, a possibilidade de serem beneficiados com o futuro desenvolvimento da tecnologia.A solução Amperion Connect permite que toda a rede da empresa de energia elétrica se comporte como um WiFi *Hotspot*, permitindo serviços nômades e/ou de valor adicionado , e aplicações inovadoras.

O BPL de acesso também pode ser utilizado para estender as funções do SCADA tradicional em toda a rede elétrica. Esta implantação melhora a *customer service*, a confiabilidade do sistema e minimiza a dependência das empresas distribuidoras de energia elétrica aos chamados e reclamações dos clientes.Estas capacidades não são disponíveis com Power Line de faixa estreita. Portanto, analise preditiva de falhas e os alcances do BPL são benefícios adicionais, que poderão levar à melhoria de serviços aos clientes.

Existem dezenas de aplicações potenciais para empresas de energia elétrica que poderiam ser facilitadas por instalações da Amperion. Em perspectiva operacional a capacidade de alta velocidade do BPL permitirá às empresas a expandir a segurança da sua infra-estrutura, além de melhorar a rede de telecomunicações, permitindo aplicações tais como, vídeo de segurança e outras.

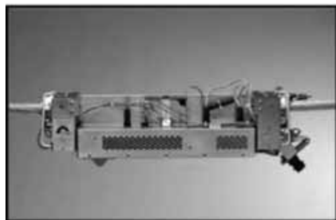
Amperion (cont)


Falcon™

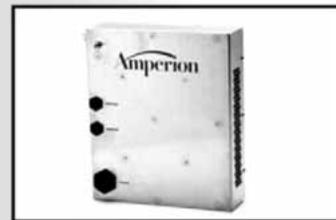

Griffin™



Lynx™


Overhead – Wire Mount


Overhead – Pole Mount



Underground

Amperion (cont)

Os blocos básicos da solução Amperion Powerline estão descritos nesta seção.

Falcon™ - Destinada ao transporte Powerline em linhas aéreas , e a linha de produtos LynxTM suporta o transporte Powerline em linhas subterrâneas. Cada linha de produto é composta de um Injetor, Repetidor/Extrato e Extrator. Adicionalmente a Amperion desenvolveu o produto chamado Griffin™ que funciona em conjunto com produtos para linhas aéreas e pode ser instalado em postes.Todos os produtos Amperion são compatíveis com FCC Part 15 .

Injetor – Produz e modula o sinal Powerline de 15 a 20Mbps na linha de media tensão que é recebido, ao longo da linha, pelos Repetidores/Extratores ou Extratores. O Injetor é alimentado pelo conjunto *chipset* de WiFi 802.11a que cria um *uplink* sem fio (*wireless*) com um *throughput* de 20 a 25Mbps, a partir do seu WAP (*Wireless Access Point*) conectado via 10/100 Ethernet a um roteador/switch de agregação. O ponto de injeção pode ocorrer em qualquer local da linha de Média Tensão mas tipicamente é localizada perto de uma subestação, onde a agregação com outros sinais de Powerline (de outras linhas de MT) pode ser facilmente realizada.

Repetidor/Extrator – Recebe e regenera o sinal Powerline e, também, fornece um nó de extração com Ponto de Acesso 802.11b incluído.O ponto de acesso gerencia a comunicação sem fio até o CPE (*Customers Premise Equipment*) do cliente na faixa de alcance do Repetidor/Extrator. [A rede Amperion Powerline não utiliza o transformador de distribuição e as linhas de Baixa Tensão como meio de propagação para atingir o cliente. A norma para o acesso 802.11b fornece várias vantagens:

• Separação de segurança do cliente e a linha de MT;

• Baixo custo da unidade de cliente - CPE

• Instalação sem obras;

• O cliente instala equipamento CPE sem participação de terceiros;

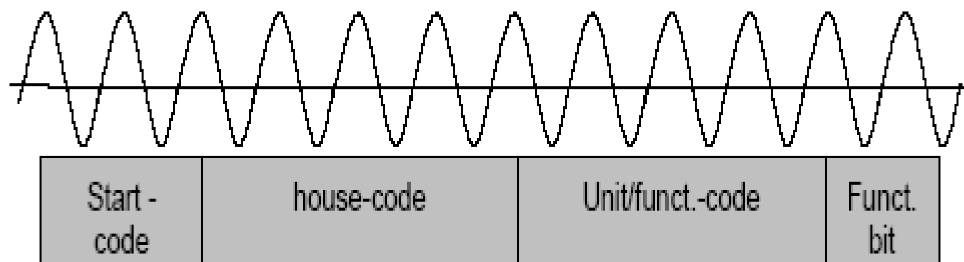
• Mudança de paradigma da antiga e tradicional solução Powerline que sempre ligava o cliente de banda larga com a linha de energia e o transformador.

Extrator – Instalado no final de uma linha de MT onde não se faz necessária uma repetição de sinal (para fins de propagação). Também o Extrator pode ser instalado entre repetidores, sempre que pontos adicionais, de acesso sem fio, são necessários para atendimento de novos clientes.

Griffin – Conjunto de produtos para linhas aéreas. O Griffin é disponível nas variantes de Injetor, Repetidor/Extrator e Extrator. Como em outros produtos Amperion Connect, a unidade Griffin contém pontos de acesso PowerWiFi™ utilizados para fornecer serviço aos clientes.

X-10

- Cada mensagem básica no protocolo X10 é constituída por um sinal de 13 bits: 4 bits para o sinal de início de comunicação (start-code), 4 bits para o código de casa (house code) e 5 bits para o código unidade/função (function-code). A mensagem precisa de 11 ciclos da corrente alternada para concluir a sua transmissão.



X-10

O X-10 é o protocolo mais antigo usados nas aplicações domóticas. Foi desenvolvido entre 1976 e 1978 com o objetivo de transmitir dados por linhas de baixa tensão (110V /220V) a 50/60 bps e com custos muito baixos. Ao usar as linhas elétricas da habitação, não se torna necessário ter novos cabos para ligar os dispositivos.

O protocolo X-10 em si, não é proprietário, ou seja, qualquer fabricante pode produzir dispositivos X-10 e oferecê-los ao público. O protocolo X-10 usa uma modulação muito simples quando comparado com as que são usadas noutros protocolos de controle por correntes portadoras. O Transmissor/Receptor do X-10 depende do ciclo da onda senoidal de 50Hz / 60Hz para introduzir um instante depois desta cruzar o zero um sinal curto em uma freqüência fixa.

Este sinal pode ser introduzido nos ciclos positivo ou negativo da onda senoidal. A codificação de um bit 1 ou de um bit 0, depende de como este sinal é emitido nos semi-ciclos. O 1 binário é representado por um impulso de 120 kHz durante 1 milisegundo e o 0 binário é representado pela ausência desse impulso de 120 kHz. Num sistema trifásico o impulso de 1 milisegundo é transmitido três vezes para que coincida com a passagem pelo zero das três fases.

Como tal, o tempo de 1 bit coincide com os 20msg que dura o ciclo do sinal, de forma a que a velocidade binária de 50 bps é imposta pela freqüência da rede elétrica de 50 Hz ou 60bps na rede de 60 Hz. A transmissão completa de uma telegrama X-10 necessita de onze ciclos de corrente. A trama divide-se em três campos de informação:

Dois ciclos representam o Código de Início

Quatro ciclos representam o Código de Casa (letras de A-Z)

Cinco ciclos representam o Código Numérico (1-16) ou o Código de Função (acender a luz, apagar a luz, variar a luz, etc...).

Para aumentar a confiabilidade do sistema, esta trama, (Código de Inicio, Código de Casa e Código de Função ou Numérico) transmite sempre duas vezes, separadas por três ciclos completos de corrente. Há uma exceção, nas funções de variação de intensidade é transmitido de forma contínua (pelo menos duas vezes) sem separação entre tramas.

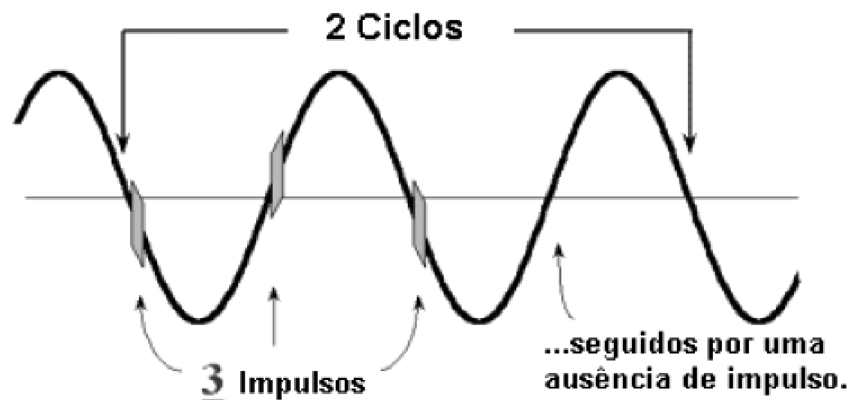
Existem três tipos de dispositivos X-10: os que só podem transmitir ordens, os que só podem receber e os que podem receber e enviar.

Os transmissores podem direcionar até 256 receptores. Os receptores vêm dotados de dois pequenos comutadores giratórios, um com 16 letras e o outro com 16 números, que permitem identificar uma direção das 256 possíveis. Numa mesma instalação pode haver vários receptores configurados com a mesma direção, todos realizam a função pré-designada, desde que um transmissor envie um telegrama com esta direção. Evidentemente qualquer receptor pode receber ordens de diferentes transmissores.

Os dispositivos bidirecionais, têm a capacidade de responder e confirmar a realização correta de uma ordem (feed-back), a qual pode ser muito útil quando o sistema X-10 estiver ligado a um programa de visualização que mostre os estados em que se encontra a instalação.

Funcionamento

Para que os receptores saibam quando devem iniciar a recepção de dados todos os conjuntos de dados começam com o "start code".



Funcionamento

A parte mais complicada desta tecnologia não é o protocolo em si, mas o método no qual é baseada a transmissão de dados de um dispositivo (transmissor) para um outro (receptor). A solução chave para a resolução deste cenário é que todos os dispositivos tenham um circuito integrado que detecte a passagem do sinal por zero, dada a necessidade de estarem sincronizados entre eles.

O receptor está aberto para receber informação num espaço de tempo que dura desde a passagem do sinal por zero até 6ms depois. Fazem isto duas vezes por cada período do seno, ou seja, 100 vezes por segundo.

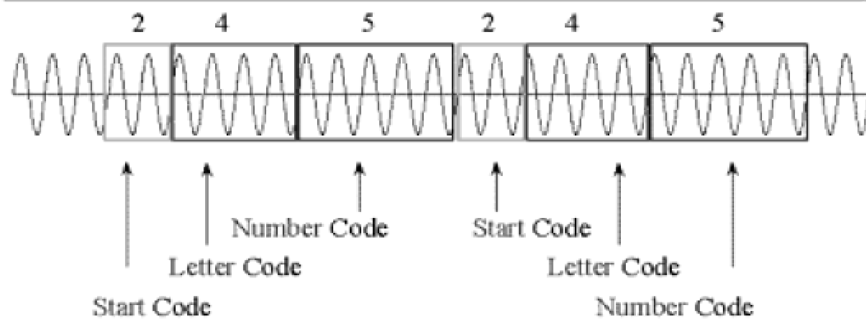
Visto que entre o receptor e o emissor não há nenhum fio que os ligue diretamente um ao outro existe necessidade de recorrer a um método que permita que a troca de dados seja feita através da rede elétrica. A atual transmissão de dados binários é efetuada pelo envio de *bursts* de 1ms de duração e com freqüência de 120kHz. Também é necessário o uso de pares de bits complementares. Assim, o 1 binário é identificado quando detectado um *burst*, imediatamente seguido por uma ausência de outro impulso no próximo *zero crossing*. O 0 binário é identificado quando é detectada uma ausência de impulso imediatamente seguida por uma presença de um impulso. (figura)

Quando um dispositivo transmissor envia um comando, os dispositivos receptores necessitam saber para quem vai ser enviado. Para isso, os dispositivos identificam um ponto de partida bem definido (*start point*) e conhecido por todos os dispositivos X-10, que os informe que imediatamente a seguir a este ponto de partida se vai seguir um conjunto de bits de dados que vai conter toda a informação necessária. O *start point* é composto por, pelo menos, 6 ausências de impulsos, ou seja, 6 zeros lógicos seguidos por um código de início (*start code*) composto por 3 impulsos seguidos e uma ausência de impulso (1110).

Imediatamente a seguir ao *start code* seguem-se 4 bits de informação. Estes 4 bits representam o *letter code*, que compõem a primeira metade do endereço de destino (*House code*). Para tornar mais fácil a operação com os dispositivos por parte dos consumidores, estes primeiros 4 bits representam um código ao qual será atribuído uma letra. Existe, para tal, uma tabela que atribui a cada letra um código binário.

Funcionamento (cont)

Os transmissores "standart" X-10 devem enviar em duplicado os dados de endereços!



Estes 11 ciclos ("start code", "letter code" e "function code") são designados por "frame".

Funcionamento (cont)

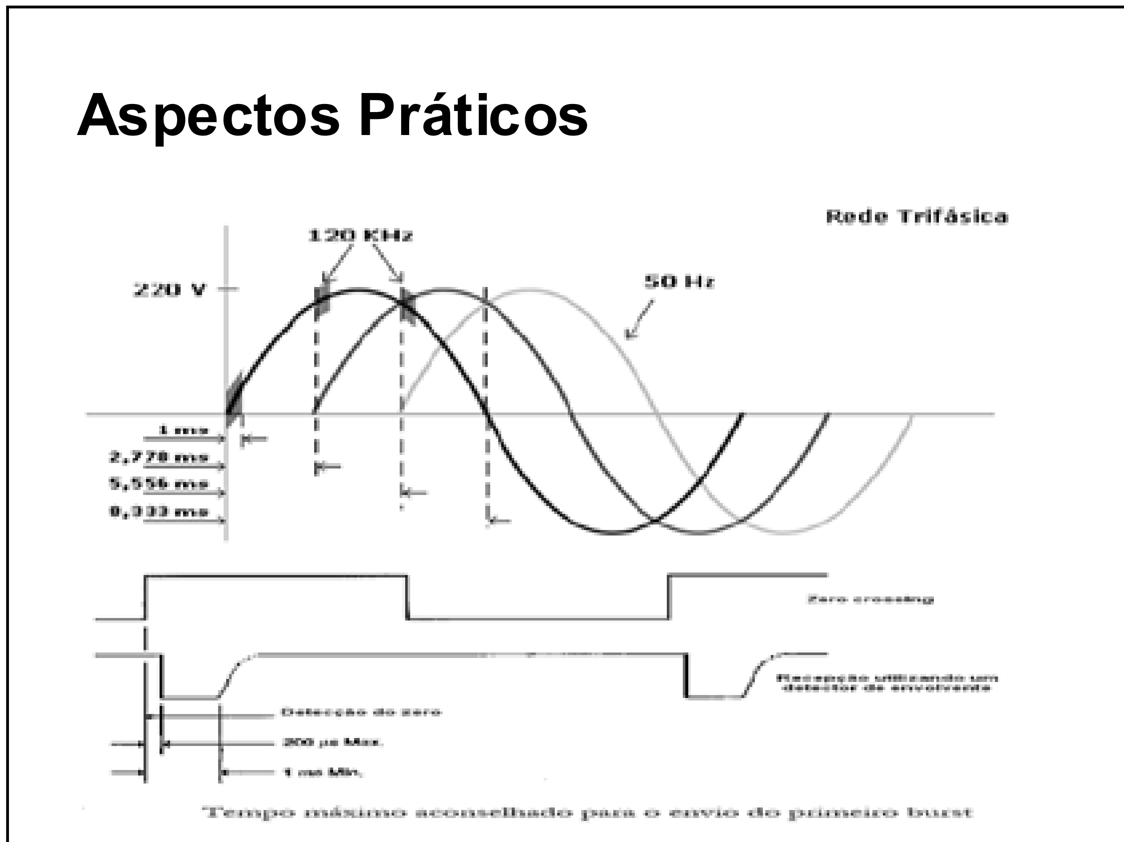
Imediatamente a seguir é enviado a segunda metade do endereço, chamado *number code* . O último bit aparece como fazendo parte deste *number code*, mas na realidade é um bit de funcionalidade. Contudo, este bit de funcionalidade é um 0 lógico, para o caso de se querer representar o *number code* ou *unit code*. Caso esse bit seja um 1 lógico quer dizer que estamos na presença, não de um código de número, mas sim, de um *código de comando*. Por esta razão este código muitas vezes é chamado de *function code*, representando ou o *number code* ou o *command code*.

Com objetivo de obter maior confiança, redundância e para permitir melhor desempenho a repetidores de linha, o protocolo X-10 envia o “frame” em duplicado.

Depois de receber e interpretar os dados de endereço, os receptores ficam preparados para receber os dados de comando.

Nesta fase todos os módulos já sabem qual vai ser o responsável por receber os dados de comando. Estes dados vão indicar aos respectivos módulos receptores quais vão ser as ações que têm de realizar. Como já foi referido anteriormente, todos os *frames* de dados têm de começar por um “start code”. Depois do start code (1110) segue-se, o *letter code* (igual ao que já foi enviado anteriormente, nos dados de endereço). De imediato temos por fim o código de comando (*comand code*), que impõem que o último bit do código de funcionalidade seja um 1 lógico, indicando que estamos na presença de um comando.

Na realidade o sistema X-10 tem de lidar com as 3 diferentes fases da nossa rede elétrica. Assim, todos os transmissores X-10 devem enviar, não apenas 1 mas sim 3 impulsos para a rede.



Aspectos Práticos

Além do protocolo X-10 em si ter atenção a vários pormenores como os diagramas temporais, tempo de espera entre comandos e a possibilidade de evitar colisões no envio de tramas estendidas.

Assim os *burts* deverão ter a duração de 1ms e deverão estar espaçados entre eles aproximadamente 2,3ms.

O primeiro *burst* é enviado imediatamente a seguir ao "zero crossing" de uma *das três fases do sinal da rede;* o segundo é enviado (em 50Hz) 3.3ms depois desse "zero crossing", ou seja, a 2.3ms do fim do primeiro; o terceiro é enviado 6.7ms depois do referido "zerocrossing", ou seja, a 2.3ms do fim do segundo (5.7ms do fim do primeiro). Para 60 Hz estes tempos são adaptados.

Contudo, se os impulsos forem enviados depois de ultrapassados 200µs do "zerocrossing" os receptores podem não detectar os dados corretamente.

O módulo para enviar dados deverá esperar pelo menos 8, 9 ou 10 meios ciclos de onda para poder efetuar a transmissão. Se um bit for detectado nesse tempo, o dispositivo transmissor deverá reiniciar o tempo de espera e voltar a contar os 8, 9 ou 10 meios ciclos.

O sistema de código estendido faz com que a quantidade de informação das mensagens que são trocadas seja maior, o que requer que os transmissores evitem colisões de mensagens sempre que possível. Assim, quando uma colisão ocorre pode ser detectada e resolvida.

Depois de detectar que a linha está livre, (espera com sucesso dos 8, 9 ou 10 ciclos) o transmissor deve escutar a rede sempre que "envia um zero" (ausência de burst). Se ocorrer uma colisão o transmissor deve abortar imediatamente a sua transmissão e voltar a fase inicial de acesso à linha.

X-10 Endereçamento

- Seletores rotativos.



X-10 Endereçamento

A seleção de um módulo é feita recorrendo ao seu endereço. Os endereços X-10 são constituídos por duas partes: código de casa (*House Code*) com 4 bits e código de unidade (*Unit Code*), também com 4 bits. A primeira corresponde a um determinado circuito de comando e tem 16 posições possíveis (de A a P), enquanto que a segunda corresponde a uma zona de um determinado circuito de comando e tem também 16 posições possíveis (de 1 a 16). Assim, cada letra pode ter 16 zonas - endereços -, por exemplo de A1 a A16. Tem-se, então, no total 16×16 = 256 endereços possíveis.

Em geral, em uma determinada casa, é atribuído o mesmo código de casa aos controladores e aos módulos, sendo o código de unidade utilizado para selecionar cada um desses módulos em particular. O código de casa é usado para separar módulos que podem estar instalados em casas ou apartamentos adjacentes, mas que partilham a mesma rede elétrica. Podem-se utilizar vários códigos de casa na mesma casa desde que não se verifique interferência com casas vizinhas. Os códigos de casa e de unidade são atribuídos aos módulos e aos controladores mediante o uso de seletores rotativos.

Tal como mencionado anteriormente, para selecionar o módulo e para que seja, por ele, executada uma função específica, devem enviar-se dois pacotes que correspondem a dois tipos de comandos: comandos de endereços e comandos de funções. Os primeiros identificam os módulos que se pretendem controlar e os segundos a função a ser desencadeada pelo módulo. Quando o controlador envia um comando de endereço, os módulos com esse endereço passam a estar receptivos ao comando de função que está para chegar. Deste modo, assim que o recebem, executam a ordem.

Comandos – X10

Código da casa

	C1	C2	C4	C8
A	0	1	1	0
B	1	1	1	0
C	0	0	1	0
D	1	0	1	0
E	0	0	0	1
F	1	0	0	1
G	0	1	0	1
H	1	1	0	1
I	0	1	1	1
J	1	1	1	1
K	0	0	1	1
L	1	0	1	1
M	0	0	0	0
N	1	0	0	0
O	0	1	0	0
P	1	1	0	0

Aparelho/Função

	D1	D2	D3	D4	D5
1	0	1	1	0	0
2	1	1	1	0	0
3	0	0	1	0	0
4	1	0	1	0	0
5	0	0	0	1	0
6	1	0	0	1	0
7	0	1	0	1	0
8	1	1	0	1	0
9	0	1	1	1	0
10	1	1	1	1	0
11	0	0	1	1	0
12	1	0	1	1	0
13	0	0	0	0	0
14	1	0	0	0	0
15	0	1	0	0	0
16	1	1	0	0	0
Desligar todas unidades	0	0	0	0	1
Ligar todas as luzes	0	0	0	1	1
Ligar	0	0	1	0	1
Desligar	0	0	1	1	1
"Dim"	0	1	0	0	1
Brilho	0	1	0	1	1
Desligar todas as luzes	0	1	1	0	1
Extensão de código	0	1	1	1	1
Requisão de "Hail"	1	0	0	0	1
Confirmação de "Hail"	1	0	0	1	1
Pré-setar "Dim"	1	0	1	X	1
Extensão de comando	1	1	0	0	1
Status=ligado	1	1	0	1	1
Status=desligado	1	1	1	0	1
Requisição de status	1	1	1	1	1

O nome do comando especifica a função que desempenha.
O último bit do código de comando é um bit de funcionalidade que toma o valor *1* caso se trate de um comando e *0* se for um endereço (*Unit code*).

Comandos – X10

Para que dois ou mais produtos reajam aos comandos X-10 ao mesmo tempo atribui-se o mesmo endereço a estes produtos. Todos os produtos X-10 compatíveis podem ser combinados e misturados livremente para poderem desempenhar as diferentes e inúmeras funcionalidades pretendidas pelos utilizadores.

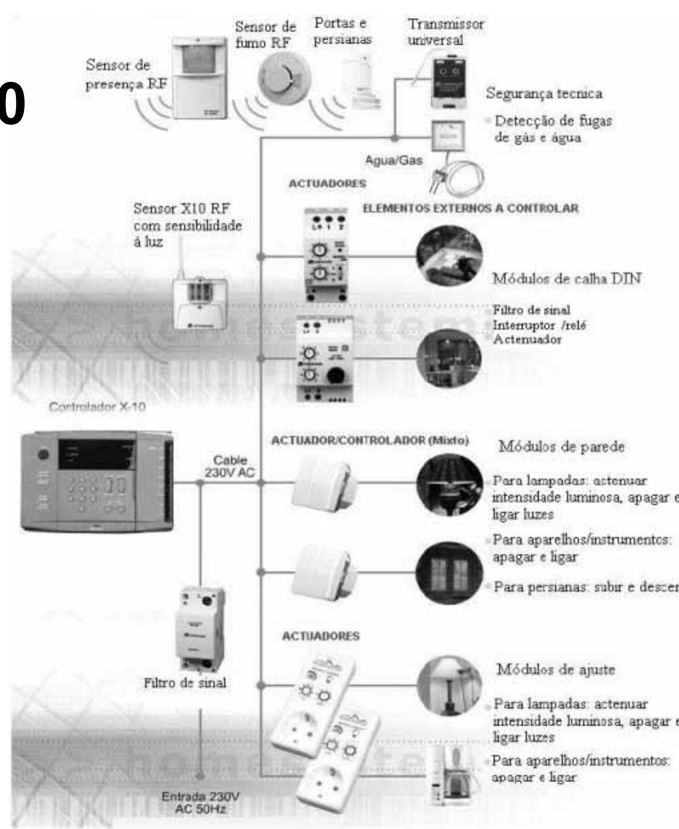
O sistema X-10 aprecia o uso difundido dos dispositivos. Não é um sistema de características compatíveis para ser implementado em situações industriais ou de edifícios. Os problemas que podem ser encontrados são essencialmente na parte da comunicação, em que a solução é implementada recorre ao uso de *bridges ou de amplificadores de sinal.*

Na maioria das vezes este sistema funciona sem quaisquer problemas. Contudo e porque este sistema utiliza a rede elétrica, para trocar comandos, podem surgir dificuldades em duas situações.

A primeira ocorre quando um dispositivo que gera muito ruído na rede elétrica. Este ruído é essencialmente gerado por motores (utilizados nos diferentes tipos de eletrodomésticos; ex.: aspirador, secador, extrator de sucos e por uso de aparelhos de eletrônica avançada; ex.: algumas telas gigantes de TV, fontes de alimentação com seletores de voltagem). Mas este problema é facilmente ultrapassado devido à existência de módulos que filtram este ruído.

A segunda situação acontece quando o transmissor X-10 está numa fase da rede e o receptor está na outra. Normalmente recorre-se ao uso de um simples módulo acoplador de fase chamado *SignalLink.*

Módulos X-10



Módulos X-10

Pela sua característica básica, a de operar pela linha elétrica existente, o sistema X-10 é recomendado para aplicações autônomas e não integradas. Uma de suas limitações é de operar apenas funções simples tipo liga/desliga e dimerização de luzes.

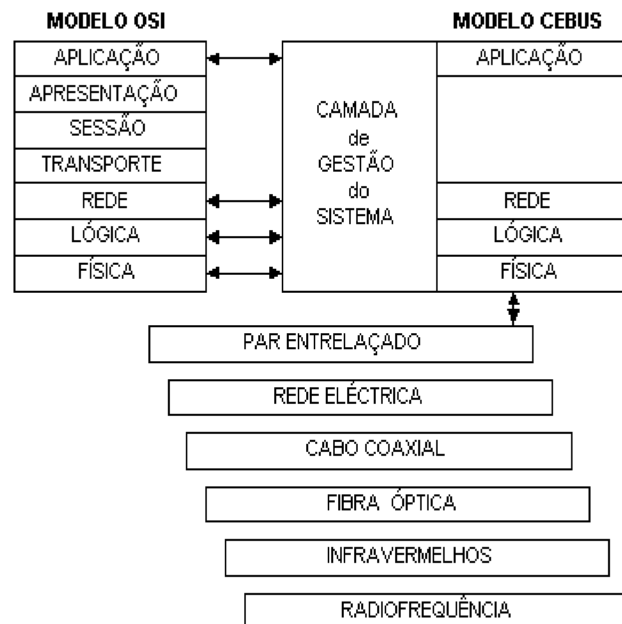
A rede elétrica, por sua vez, pode ocasionar alguns comportamentos erráticos dos componentes, seja por duplicidade de fase, falta de energia ou descargas eletromagnéticas.

Por se tratar de produtos relativamente baratos e de fácil aplicação, somos tentados e quase induzidos a utilizar o X-10 em variadas aplicações pela casa toda, tais como liga/desliga de luzes remotas e acionamento de eletrodomésticos e portas à distância. No entanto, como sua confiabilidade é limitada, não se recomenda seu uso em aplicações criticas (ligadas à segurança doméstica, por exemplo) já que o estabelecimento de sistemas de monitoramento para avaliar o *status de um equipamento* X-10 acrescenta complexidade e custos elevados ao sistema. Outro empecilho para sua utilização em larga escala é sua baixa integração com os demais sistemas automatizados que utilizam cabeamento dedicados (áudio , vídeo, alarmes, por exemplo). Isto limita seu uso pois poderia acrescentar dificuldade de manuseio para o usuário, que se veria às voltas com interfaces diferentes para cada sistema de automação.

Conclui-se, portanto, que o X-10 pode ser uma boa solução nos casos de residências já construídas, onde quer se evitar transtornos com reformas custosas e deve ser dirigido para aplicações autônomas (isto é, não integradas) e não criticas. Levando se em conta estas restrições, pode-se obter excelente relação custo/benefício, além de sua facilidade de instalação e operação.

CEBus - Consumer Electronic Bus

- O protocolo CEBus tem referência no modelo OSI, embora não inclua as camadas de Apresentação, Sessão e Transporte



CEBus - Consumer Electronic Bus

É um protocolo de comunicação, ponto-a-ponto, de mensagens de controle relativamente curtas sobre os meios de comunicação disponíveis numa casa. Este protocolo para automação doméstica é uma norma dos Estados Unidos (EIA - Electronics Industries Association) e surgiu há mais de vinte anos. A norma CEBus surgiu em 1984, para dar resposta às necessidades sentidas no seio da automação doméstica:

· Inexistência de uma forma padronizada que permitisse aos diferentes dispositivos comunicarem-se entre si;

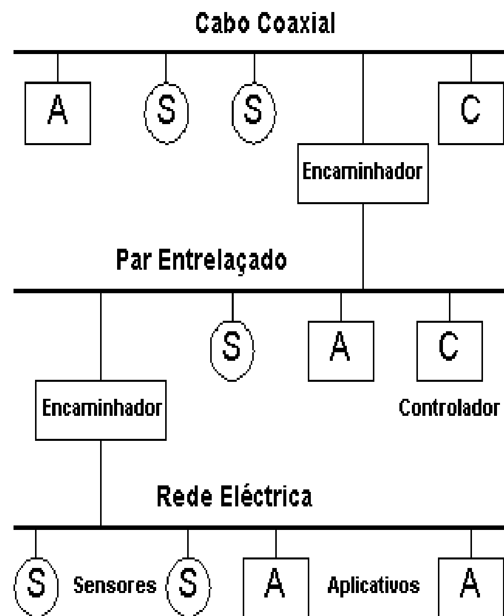
· Incompatibilidade entre os diferentes produtos existentes no mercado, provenientes de fabricantes distintos;

· Incompatibilidade entre formatos (no que diz respeito aos dispositivos de controle remoto para televisões, rádios, etc.), responsáveis pela enorme confusão no seio dos consumidores.

Após várias mudanças e revisões técnicas, chegou-se ao EIA-600, a norma atual CEBus, cuja promoção cabe diretamente à CIC (CEBus Industry Council - www.cebus.org) a qual garante igualmente a certificação, promoção e a compatibilidade de todos os dispositivos CEBus.
O protocolo CEBus tem como referência o modelo OSI, embora não inclua as camadas de apresentação, sessão e transporte. A norma EIA-600 especifica o formato da mensagem, a entrega desta e as regras de resposta das camadas de aplicação, de rede, lógica e física.
Tipicamente, os utilizadores compram os componentes de software do protocolo, modificando a parte variável deste, em função da aplicação desejada.

Dispositivos e Topologia

- As mensagens podem ser enviadas entre os diferentes meios de comunicação, através do uso de um dispositivo eletrônico denominado encaminhador
- Para a rede elétrica visando minimizar a interferência, os dispositivos CEBus utilizam uma técnica de espalhamento de espectro



Dispositivos e Topologia

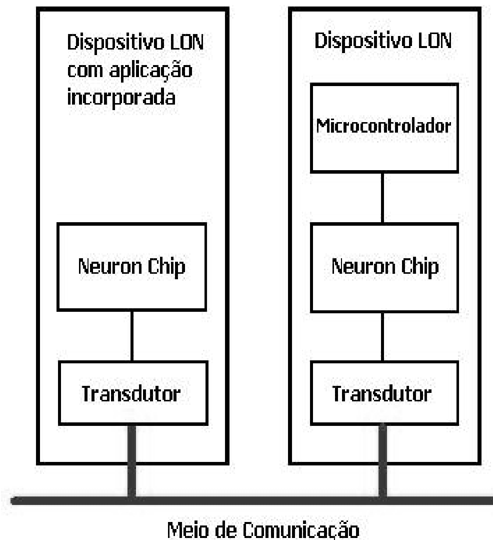
O CEBus suporta uma topologia flexível. Um dispositivo pode ser colocado em qualquer lugar onde seja necessário e poderá ligar-se a qualquer meio de comunicação, para o qual terá uma interface CEBus apropriada. As mensagens podem ser enviadas entre os diferentes meios de comunicação, através do uso de um dispositivo eletrônico denominado encaminhador. Na figura pode visualizar-se uma rede CEBus típica, com três meios de comunicação interligados por encaminhadores. Os sensores e atuadores são colocados nesta rede, no local que for mais conveniente. O controlador (cluster controller), é responsável pela organização de uma aplicação que pode ser, por exemplo, a iluminação ou a gestão de energia.

Todos os pontos de ligação dos dispositivos em cada um dos meios de comunicação são tratados logicamente tal como se estivessem num bus. Esta tecnologia emprega CSMA/CDCR ("Carrier-Sensing Multiple Access with Collision Detection and Collision Resolution"), o que permite que qualquer dispositivo existente na rede possa acessar o meio de comunicação a qualquer momento. Contudo, um dispositivo que pretenda enviar um pacote de dados deve, primeiro, verificar se a linha de bus se encontra, nesse momento, desimpedida. Neste caso, o pacote será enviado, tal como no protocolo IEEE 802.3 das redes locais de transmissão de dados.
Todos os dispositivos lêem o endereço de destino contido na mensagem. Só o dispositivo que possuir um endereço igual ao da mensagem é que lê o conteúdo desta e executa a ordem enviada.

Para a rede elétrica visando minimizar a interferência, os dispositivos CEBus utilizam uma técnica de espalhamento de espectro (criada pela Intellon Corp.). Esta técnica consiste em fazer variar a portadora dos 100kHz aos 400kHz, correspondendo ao dígito 1 a modulação em amplitude de 100 ms e ao dígito 0 a modulação em amplitude de 200 ms. Assim, a taxa de transmissão é variável (aproximadamente 7000 bps), dependendo do número de caracteres "1" e "0".

LonWorks

- No caso de aplicações demasiado complexas para o Neuron Chip, poder-se-á utilizar um processador externo, desde que o firmware do Neuron Chip seja alterado com o LonBuilder Microprocessor Interface Program



LonWorks

A Echelon Corporation apresentou a tecnologia LonWorks no ano 1992 e desde então várias empresas implementam redes de controle distribuídas e automatizadas. Apesar de estar desenhada para cobrir todos os requisitos da maioria das aplicações de controle, só tem tido êxito a sua implementação em edifícios administrativos, hotéis e indústrias. Devido ao seu custo, os dispositivos LonWorks não têm tido grande implementação nas casas, sobretudo porque existem outras tecnologias iguais e muito mais baratas.

O êxito que o LonWorks tem tido em aplicações profissionais nas quais importa muito mais a confiabilidade e a robustez que o preço em si, deve-se a que desde a origem oferecem uma solução com arquitetura descentralizada, fim a fim, que permite distribuir a inteligência entre os sensores e os atuadores instalados e que cobre desde o nível físico até ao nível de aplicação a maioria dos projetos de redes de controle.

LonWorks é um sistema aberto a qualquer fabricante que queira usar esta tecnologia sem depender de sistemas proprietários, o que permite reduzir os custos e aumentar a flexibilidade da aplicação de controle distribuída.

Conceitos Básicos sobre o LonWorks: Qualquer dispositivo LonWorks , ou nó, está baseado num microcontrolador especial chamado Neuron Chip. Tanto este circuito integrado como o firmware que implementa o protocolo LonTalk foram desenvolvidos pela Echelon no ano de 1990.

Neuron Chip: Tem um identificador único, o Neuron ID, que permite direcionar qualquer nó de forma *unívoca* dentro de uma rede de controle LonWorks. Este identificador, com 48 bits, é gravado na memória EEPROM durante a fabricação.

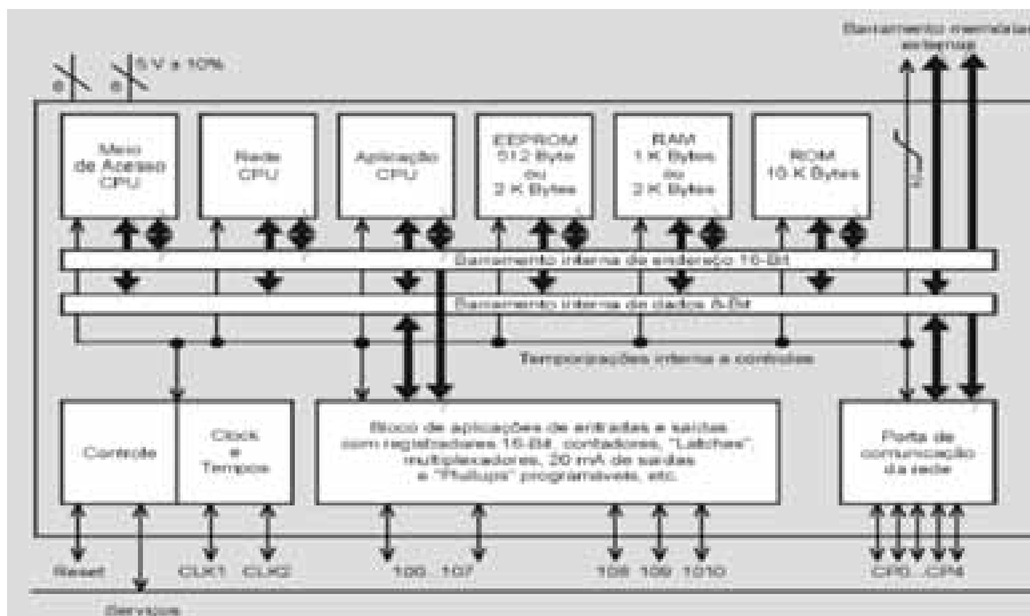
Tem um modelo de comunicação que é independente do meio físico sobre o qual funciona, isto é, os dados podem ser transmitidos sobre cabos de pares do tipo telefônico, correntes portadoras, fibra óptica, rádio-freqüência, infravermelhos e cabo coaxial.

O firmware que implementa o protocolo LonTalk, proporciona serviços de transporte e roteamento fim a fim. Está incluído num sistema operacional que executa e planifica a aplicação distribuída e maneja as estruturas de dados que são comunicadas pelos nós.

Estes circuitos comunicam-se entre si enviando telegramas que contêm a direção do destinatário, informação para o roteamento, dados de controle assim como os dados da aplicação do usuário e um *checklist* como código detector de erros. Todas as comunicações de dados são iniciadas num Neuron Chip. Um telegrama pode ter até 229 octetos de informação para aplicação distribuída.

Meio Físico: O Neuron Chip proporciona uma porta específica de cinco pinos que pode ser configurada para atuar como interface de diversos transceptores de linha e funcionar a diferentes velocidades binárias. O LonWorks pode funcionar sobre RS-485 com isolamento óptico, acoplado a um cabo coaxial ou pares do tipo telefônico, sobre correntes portadoras, fibra óptica, rádio-freqüência ou infravermelho.

Configurações



Configurações

Os dados podem existir sob duas formas: *mensagem explícita* ou a *variável de rede*. As mensagens explícitas são a forma mais simples de enviar e receber dados entre duas aplicações residentes em dois Neuron Chip do mesmo segmento LonWorks. As variáveis de rede proporcionam um modelo estruturado para a troca automática de dados distribuídos num segmento LonWorks. São menos flexíveis que as mensagens explicitas mas evitam que o programador da aplicação distribuída esteja dependente dos detalhes das comunicações.

A ligação lógica entre os sensores e os atuadores é feita por variáveis de rede. É através de uma ferramenta de configuração (LonMaker) que se ligam as variáveis compatíveis dos diferentes dispositivos LonWorks. Foi definida uma lista normalizada de variáveis, denominada SNVT (Standard Network Variable Types), um dos quais é "SNVT occupancy", para definir variáveis do mesmo tipo. Este atributo desempenha um papel fundamental na interoperacionalidade dos dispositivos. O SNVT permite, assim, efetuar a associação das variáveis de entrada e de saída.
Existe também uma lista normalizada de variáveis de configuração, denominada SCPTs (Standard Configuration Parameter Types) e uma lista de perfis para os dispositivos comuns, chamada FPs (Functional Profiles).

Para a configuração dos dispositivos LonWorks, instalação e gestão de redes, são utilizadas as seguintes ferramentas:

LonBuilder ® Developer's Workbench - Trata-se da ferramenta mais antiga da Echelon e é um ambiente completo para a criação, instalação e teste das redes LonWorks. Incorpora várias ferramentas de desenvolvimento para os vários nós (interfaces para PC, transdutores para os meios de comunicação, emuladores Neuron, compilador Neuron C, gestor de projeto, editor de texto, etc.), uma ferramenta de gestão de rede e um analisador do protocolo LonTalk;

NodeBuilder - É o ambiente usado para criar nós individuais, embora não sirva para implementar e testar redes completas;

LonMaker - É uma ferramenta usada na instalação dos dispositivos LonWorks. Estes são representados graficamente por objetos que podem ser manipulados.
LonManager ® - Assim que os Neuron Chips e os microprocessadores associados estejam devidamente programados, a rede é configurada com uma das ferramentas do LonManager. Este oferece várias APIs (para DOS e Windows) que permitem gerir e analisar a topologia da rede, carregar aplicações nos Neuron Chips, simular dados e mensagens, guardar relatórios das várias operações na rede, configurar encaminhadores, estabelecer chaves para autenticação de mensagens, etc.

Meios de Transmissão

Diferentes características associadas a diferentes tipos de meios de transmissão.

Tipo de canal	Meio físico	Bit rate	Nº máximo de dispositivos	Distância máxima
TP/XF-1250	par entrelaçado	1.25Mbps	64	125m
PL-20	rede eléctrica	5.4Kbps	Depende do meio ambiente	Depende do meio ambiente
IP-10	sobre ip	determinada pela rede ip	determinada pela rede IP	determinada pela rede IP
TP/FT-10	Topologia livre ou por barramento	78Kbps	64-128	500m (livre) 2200m (barramento)

Meios de Transmissão

Os recursos disponíveis para que a tecnologia LonWorks possa comunicar através de qualquer meio são a rede elétrica (portadora), o par entrelaçado, a radiofreqüência, os raios infravermelhos, a fibra óptica e o cabo coaxial.

As mais exploradas atualmente são a rede elétrica e o par entrelaçado. Estes meios proporcionam 42V diferenciais (+21 Volt) à rede. A potência total extraída pela rede não excede os 40W.

Os “nós' podem ser combinados para encaminhar mensagens de um meio para outro por exemplo da elétrica para o par trançado. O resultado é uma rede de controlo totalmente integrada, que pode associar produtos de vários fornecedores.

A topologia usada é livre sendo determinada na fase de instalação, podendo ser implementada em linha, em estrela, em árvore ou em anel.

O meio que torna o sistema mais lento é a linha elétrica que limita a velocidade a 2kbps.

Intelogis

- Um cabo paralelo é fixado no dispositivo da parede e no conector paralelo do computador



Intelogis

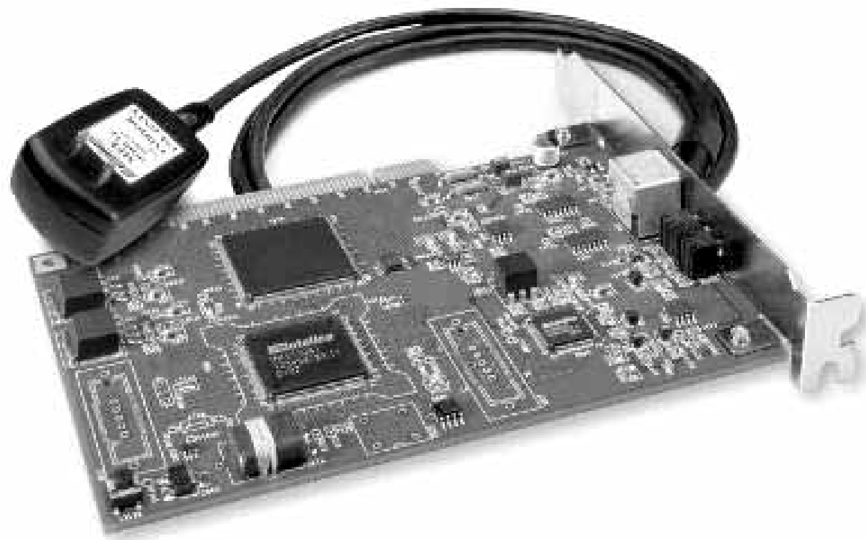
A tecnologia de linha de força mais antiga usada pela *Intelogis* confia a troca de chave de freqüência (FSK) enviar dados em cima dos fios elétricos em sua casa. FSK usa duas freqüências, um para 1s e o outro para 0s, para enviar informação digital entre os computadores na rede. As freqüências usadas há pouco está em uma faixa estreita anterior o nível onde a maioria do barulho na linha acontece. Embora deste método funcionar, é um pouco frágil. Qualquer coisa que encontra em qualquer freqüência pode romper os dados que são transmitidos, isto é, enquanto o computador transmitir e receber os dados. Isto pode afetar o desempenho da rede. Por exemplo: quando você estava usando mais eletricidade em sua casa, como ligar a lavadora ou o secador, o que faz reduzir a velocidade na rede. *Intelogis* inclui proteção na linha de força e em seu equipamento de rede forçando que você os insira entre a saída da parede e seu equipamento ajudando a reduzir a quantidade de barulho na linha elétrica.

Um cabo paralelo é fixado no dispositivo da parede e no conector paralelo do computador. A rede de energia deve ser o último equipamento conectado a porta paralela. Por isto, se você tem qualquer outra coisa conectada a porta paralela, como um scanner, isto é que tenha que passar pela porta paralela, a menos que você tenha uma segunda porta paralela em seu computador, sua impressora deve ser conectada à rede por um dispositivo de parede próprio. Algo para lembrar-se de que aquela rede de energia não apóia impressões bidirecionais. Isto é, dados que são enviados em ambas as direções, permitindo sua impressora enviar informações a seu computador, como a quantidade de tinta e papel. Isto não impedirá que sua impressora trabalhe, mas você perderá o uso de tal característica.

Uma vez que as conexões físicas são feitas, a instalação do software é descomplicada. O software encontra automaticamente os computadores e impressoras na rede. Se sua conexão de Internet é feita por modem ou cabo, DSL ou modem normal, o software servidor de procuração permite compartilhar a Internet com seus outros computadores. Você pode adicionar computadores facilmente utilizando um novo adaptador e instalando o software. Podem ser incluídas impressoras adicionais usando a adaptador de impressoras. Arquivo e impressora podem ser compartilhados no Windows.

Há dois tipos comuns de redes de casa: a rede ponto-a-ponto e cliente/servidor. As redes de cliente/servidor têm um sistema administrativo centralizado que provê informação a todos outros dispositivos. Os meios da rede ponto-a-ponto faz com que cada dispositivo possa se comunicar diretamente com um ao outro dispositivo na rede sem consultar primeiro um sistema central. A *Intelogis Passport* usa tecnologia de uma rede de cliente/servidor. O primeiro computador que você instala o software se torna o Servidor de Aplicação. Enquanto controla o fluxo de dados, contata cada dispositivo de rede onde pode achar outros dispositivos.

Intellon



Intellon

A tecnologia de *PowerPacket* da *Intellon* que serve como a base para o padrão *Allience HomePlug Powerline* que usa uma forma aumentada de multiplexação de divisão frequencial *orthogonal* (OFDM) com correção de erro,

semelhante à tecnologia achada em modem de DSL. OFDM é uma variação da multiplexação de divisão frequencial (FDM) usado em redes de linha telefônica. FDM insere dados de computador em freqüências separadas de sinais de voz levados pela linha telefônica, enquanto separando o espaço notável extra em uma linha telefônica típica em dados distintos dividido em pedaços uniformes da largura da banda.

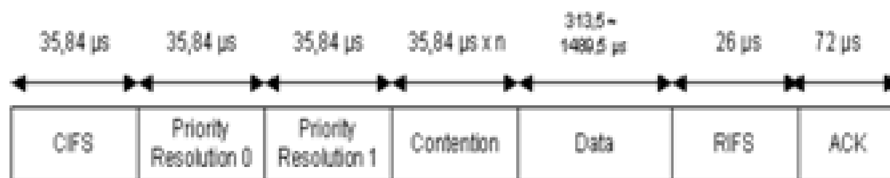
No caso de OFDM, é avaliado o alcance da gama disponível de freqüências no subsistema elétrico (4.3 MHz à 20.9 MHz). OFDM envia vários pacotes de dados simultaneamente com as freqüências transportadas, permitindo velocidade e confiança. Se ruído ou uma oscilação de energia em uso romperem um das freqüências, o *PowerPacket* sentirá falta de um pedaço do pacote e trocará os dados para outro transporte. Este sistema adapta a taxa de transmissão permitindo que o *PowerPacket* mantenha uma conexão do tipo *Ethernet* ao longo da rede de linha de força sem qualquer perda de dados.

A mais recente geração de tecnologia de *PowerPacket* é avaliada a 14 Mbps que são mais rápidos que linha telefônica existente e soluções sem fios.

Porém, como o acesso à banda larga e o conteúdo baseado na Internet como áudio, vídeo e voz por IP tornam-se cada vez comuns, exigências de velocidade continuarão aumentando. Ao longo destas linhas, o OFDM da *Intellon* se aproxima de um suporte em redes *PLC*s em alta escala, permitindo que a eventual tecnologia possa ultrapassar 100 Mbps.

HomePlug 1.0

O padrão HomePlug 1.0 foi desenvolvido em 2001, pela HomePlug PowerLine Alliance e utiliza algumas técnicas para superar a hostilidade do ambiente PLC



Estrutura do frame do protocolo HomePlug 1.0

HomePlug 1.0

O padrão HomePlug 1.0 foi desenvolvido em 2001, pela HomePlug PowerLine Alliance e utiliza algumas técnicas para superar a hostilidade do ambiente PLC. A comunicação de dados confiáveis sobre o meio hostil PLC requer técnicas eficazes de FEC (Forward Error Correction), entrelaçamento, detecção de erro e ARQ (Automatic Repeat Request), bem como, um protocolo de controle de acesso ao meio (MAC) robusto.

A técnica de multiplexação OFDM (Orthogonal Frquency Division Multiplexing) do HomePlug 1.0 foi especialmente projetada para ambientes de linhas elétricas. Ela utiliza 84 subportadoras igualmente espaçadas na banda de freqüência entre 4,5 e 21 MHz. Considerando todos os possíveis parâmetros de transmissão, a camada física do HomePlug pode oferecer taxas de transmissão que variam de 1 à 14 Mbps.

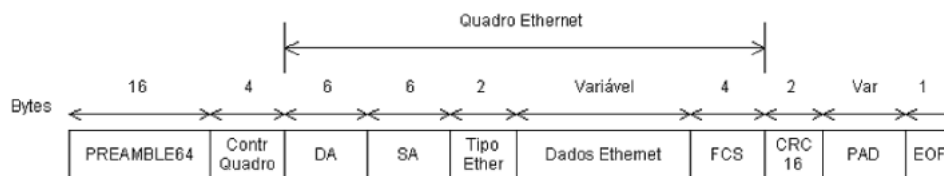
O OFDM apresenta excelente resultado com relação a efeitos de dispersão do sinal ao longo do tempo, provendo baixa interferência entre canais (ICI - Interchannel Interference). A funcionalidade de Prefixo Cíclico1, proporcionada pelo OFDM, em conjunto com as técnicas diferenciais de modulação DBPSK (Differential Binary Phase Shift Keying) e DQPSK (Differential Binary Phase Shift Keying) é utilizada para eliminar, por completo, a necessidade de equalização. Problemas com ruído impulsivo são solucionados através da utilização de FEC e entrelaçamento de dados. A carga (payload) a ser transmitida através da tecnologia de acesso ao meio HomePlug 1.0 usa as técnicas Viterbi e Reed-Solomon FEC.

O Protocolo HomePlug 1.0 MAC é uma modificação do protocolo CSMA/CA. O esquema de controle ao meio do HomePlug 1.0 utiliza este mecanismo para prover acesso de prioridade, juntamente com a utilização da rede. O CSMA/CA define quatro níveis de prioridade, que variam do CA0 ao CA3, onde o CA3 representa o nível de maior prioridade para tráfego de voz. O protocolo inclui um mecanismo de portadora sensível, um mecanismo de definição de prioridades e um algoritmo de *backoff.*

A subcamada MAC do HomePlug 1.0 foi modelada para trabalhar com quadros no formato IEEE 802.3. Esta escolha simplifica a integração com a Ethernet. A subcamada MAC do HomePlug 1.0 adiciona criptografia e outras gerências aos quadros Ethernet, antes de transmiti-los pela rede elétrica. Um mecanismo de segmentação e remontagem é utilizado nos casos onde um pacote completo não pode ser inserido num único quadro.

HomePNA 1.0 e HomePNA 2.0

Implementa uma rede domiciliar, fazendo uso da infra-estrutura disponível, que reutiliza a fiação telefônica para transmitir dados.



Formato do quadro HomePNA 2.0

HomePNA 1.0 e HomePNA 2.0

Um outro padrão que implementa uma rede domiciliar, fazendo uso da infra-estrutura disponível, é o HomePNA, que reutiliza a fiação telefônica para transmitir dados. Redes sobre a infra-estrutura da fiação telefônica sofrem diversos danos (assim como todas as redes sem novos fios), devido a fatores como alta atenuação, reflexões, ruído impulsivo e cross talk.

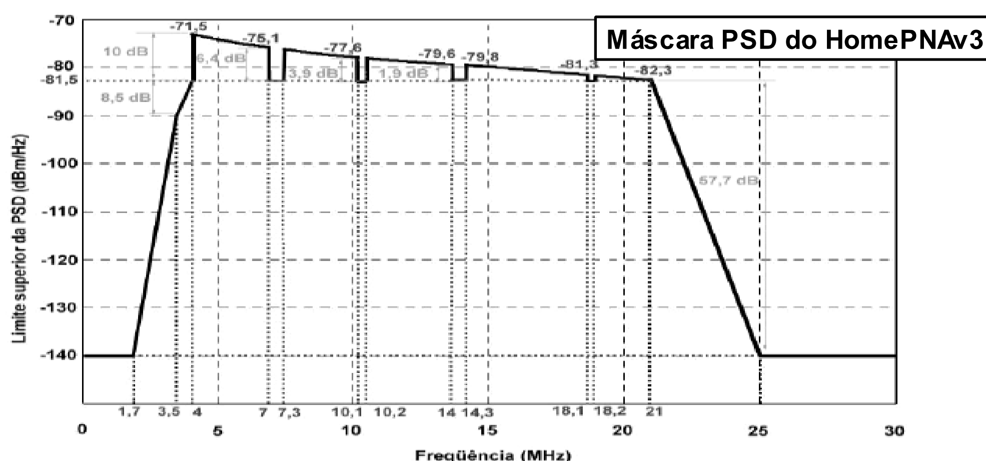
O grupo Home Phone Line Network foi criado em 1998 para padronizar a tecnologia para redes domiciliares baseadas na fiação telefônica e sua primeira geração, HomePNA 1.0, utiliza PPM (Pulse Position Modulation) com eficiência espectral de 0,16 bits/baud, que resulta numa taxa de dados de 1 Mbps.

Devido as exigências das redes domiciliares, a aliança projetou o sistema HomePNA 2.0 para alcançar taxas de transferência acima de 32 Mbps em, aproximadamente, mesma largura de banda do HomePNA 1.0 e ser compatível com sistemas futuros que operarão com vazão acima de 100 Mbps. Para conseguir altas taxas de transmissão sobre canais debilitados, é necessário o uso de técnicas complexas de modulação e de um receptor que é adaptativo as características do canal.

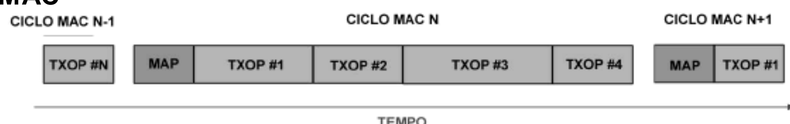
O HomePNA 2.0 utiliza o CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Colision Avoidance), como mecanismo de acesso ao meio, dando suporte a transmissões unicast, multicast e broadcast. O HomePNA 2.0 introduz 8 níveis de prioridade, que variam de 0 à 7, e utiliza um novo algoritmo de resolução de colisão, denominado DFPQ (Distributed Fair Priority Queuing).

Enquanto o HomePNA 1.0 utiliza PPM, o HomePNA 2.0 usa QAM (*Quadrature Amplitude Modulation),* tanto para alcançar uma vazão maior, com a mesma largura de banda, quanto para conseguir maior robustez.

HomePNA 3.0



Quadro MAC



HomePNA 3.0

O HomePNAv3 foi desenvolvido visando, principalmente, suprir as necessidades de aplicações de entretenimento tais como transmissão de vídeo, voz e transmissão de dados a altas taxas. Para isso, o padrão HomePNAv3 dá grande ênfase a provisão de QoS e aumenta significativamente a taxa de transmissão e a vazão efetiva da rede. Sua alta taxa de transmissão associada ao provimento determinístico de qualidade de serviço tornam esta tecnologia uma boa opção de rede domiciliar para aplicativos de distribuição de vídeo e som de alta qualidade. A taxa de transmissão alcançada nesta versão é de 128 Mbps, com extensão opcional para até 240 Mbps. Este aumento na taxa de transmissão deve-se em grande parte ao aumento da banda utilizada de 6 MHz para 17 MHz. A nova máscara da PSD pode ser vista na figura.

Esta nova máscara PSD deve ser compatível com dispositivos mais antigos e por este motivo transmite-se na banda de 4 a 10 MHz com potência suficiente para permitir a detecção de portadora por parte dos dispositivos mais antigos. Como pode ser visto, a máscara não é constante, sendo reduzida a uma taxa de 15 dB por década. Esta diminuição na potência com o aumento da freqüência é eficiente em relação a diafonia. Além disso, a máscara apresenta *notches* nas freqüências de 4, 7, 10.1, 14, 18,068 e 21 MHz para reduzir a emissão nas bandas de rádio-amador.

Para aumentar a eficiência do protocolo, o HomePNAv3 prevê a agregação de dados para a transmissão na camada física. A utilização de quadros maiores reduz a parcela de tempo consumida com intervalos entre quadros, cabeçalhos e delimitadores de fim de quadro. A maior duração permitida pelo padrão para a transmissão de um quadro é de 4 ms, o que à taxa de 128 Mbps significa que o quadro pode ter até 64k octetos. Utilizando quadros de 64k octetos, o protocolo alcança uma vazão efetiva de 125 Mbps, o que implica uma eficiência do protocolo de aproximadamente 97%. No entanto, a quantidade máxima de dados que podem ser agregados pode ser limitada por restrições de memória dos dispositivos ou de atraso dos serviços. A vazão efetiva da rede diminui para 62 Mbps quando são utilizados quadros de 1500 octetos.

Enquanto o padrão HomePNAv2 provê uma qualidade de serviço estatística, o padrão HomePNAv3 tem o objetivo de prover qualidade de serviço de forma determinística. Para isso, este padrão utiliza um protocolo MAC síncrono (SMAC), capaz de prover garantias de vazão, atraso e variação do atraso. É disponibilizado também um MAC assíncrono, compatível com o padrão HomePNAv2. Para funcionar corretamente, o protocolo MAC síncrono necessita de um dispositivo *mestre* na rede para sincronizar todos os elementos. O dispositivo mestre planeja todos os tempos de acesso e gera um Plano de Acesso ao Meio (MAP) que é difundido periodicamente para os outros nós, criando, desta forma, um ciclo MAC. Apesar do uso do dispositivo mestre, a comunicação entre as estações da rede continua sendo par a par (*peer-to-peer*). O MAP divide o acesso ao meio em uma seqüência de oportunidades de transmissão (TXOPs) com início preciso e duração suficiente para suprir as demandas específicas. As TXOPs podem ser alocadas para determinados serviços, nós ou grupo de nós. O mestre aloca TXOPs com contenção ou sem contenção de acordo com os requisitos e os contratos de QoS.

Segurança

Para dar uma maior segurança, o padrão HomePlug utilizou uma chave de encriptação DES de 56 bits. Um problema, entretanto, é que a maior parte dos dispositivos vem com uma chave padrão (0x46D613E0F84A764C) criada a partir da senha HomePlug. Isso é feito para que o usuário, ao ligar os vários dispositivos em rede, eles já comecem a funcionar, sem nenhuma intervenção. Tal fato traz um grande risco de segurança, pois um usuário malicioso, que seja alimentado pela mesma rede elétrica, poderá obter todos os pacotes dessa rede, mudando a NEK do seu dispositivo para a padrão. Ainda mais problemático são os edifícios onde existem vários escritórios e os dados transmitidos são, em geral, mais sigilosos.

A solução para esse problema é alertar aos usuários para que eles troquem imediatamente a chave NEK de seus produtos. Em uma pesquisa feita no manual de instalação rápida (*Quick Start*) [11] de um dispositivo da LinkSys, não havia nenhuma referência à troca da chave. Somente no manual completo é que era especificado como trocá-la.

A troca da chave NEK também é outro fator de risco, pois não é usado nenhum meio de autenticação antes da mudança da chave. A mudança é feita através do computador que está ligado ao dispositivo, usando-se um programa que o acompanha. Isso torna possível um ataque onde se mude todas as chaves dos equipamentos para um determinado valor e o usuário que realizou o ataque poderá receber todos os dados da rede. Esse ataque, entretanto, se torna inviável em redes maiores. O usuário que foi atacado, provavelmente, não irá notar o ataque de imediato, pois a sua rede vai continuar funcionando, só que agora com a nova NEK.

Outra questão de segurança relacionada às redes PLC é o uso de equipamentos PLC dentro de empresas de forma não autorizada. O intuito principal é de ganhar acesso à outras áreas. Por exemplo, podem existir duas salas onde em uma só é permitido o acesso a determinados sítios e todas as comunicações por e-mail ou serviços de mensagem instantânea são bloqueadas. Porém, em outra, todos os serviços são liberados. Um usuário mal intencionado pode instalar um equipamento PLC em cada uma das salas. Assim, na sala onde o acesso era restrito, ele passa a ter acesso a qualquer conteúdo.

A detecção dos equipamentos pode ser difícil, pois foi criada uma rede paralela somente entre esses dois computadores. Para fazer a detecção do dispositivo em um perímetro que não haja nenhuma rede PLC legalmente instalada, pode-se fazer um teste simples, ligando um equipamento PLC na rede e verificando se ele detecta a presença de algum outro. Para fazer esta detecção pode-se verificar um LED que existe na maioria dos dispositivos que indica se ele está conectado a uma rede PLC ou não.

Caso já haja uma rede PLC instalada é possível, através de um software que vem com alguns dos dispositivos, verificar quais são os endereços MAC dos nós da rede. Nesse caso, é importante que haja uma lista com todos os endereços dos nós que foram legalmente instalados, para compará-la com a lista obtida.

Deve-se também tomar cuidado com tomadas em partes da empresa onde não haja um controle de acesso, haja vista permitir que alguém que tenha obtido a chave NEK de alguma forma capture todos os dados da rede.

Outro ataque que pode ocorrer a uma rede PLC é um ataque de negação de serviço (DOS – *Denial of Service*) através da geração de ruído de alta amplitude na faixa de freqüência onde é usada a rede PLC. Os pontos principais de onde este ataque pode ser iniciado são os mesmos descritos anteriormente.

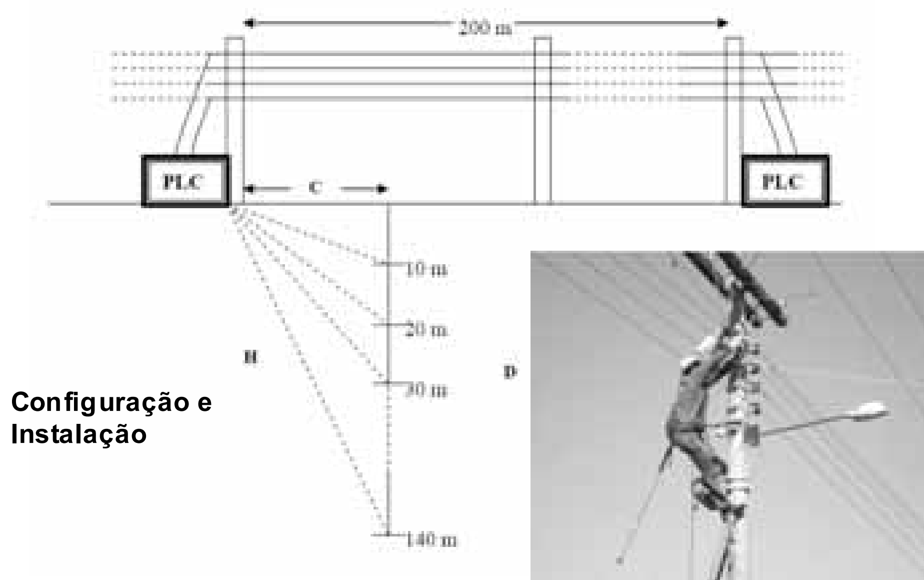
Uma solução que existe para que os dados de uma determinada rede PLC não cheguem até outras, é a instalação de um filtro passa baixas na entrada da rede de energia elétrica que alimenta a rede em questão. Com esse filtro, serão bloqueadas as freqüências usadas pela rede PLC. Esses filtros, entretanto são caros e requerem um profissional especializado para a instalação.

Testes

Prof.: Julio Ross
julioross@msn.com

Anotações

Teste Realizado em Goiás - 2006



Teste Realizado em Goiás – 2006

Local: Goiânia

Período: 31/07/2006 a 11/08/2006.

Rede de Energia: CELG – Companhia Energética de Goiás.

Medições: BT – Baixa Tensão, Rede Compacta e Rede Subterrânea

Participação de Fabricantes: Advanced Electronics, Mitsubishi e Corinex

Colaboração

- Escritório Regional n.º 07 (ER-07) – ANATEL
- Exército Brasileiro - EB
- Universidade Federal de Goiás – UFG
- Secretaria Municipal de Educação (Goiânia - GO)
- Companhia Energética de Goiás – CELG
- Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações - CPqD
- Associação Brasileira de Emissoras de Rádio e Televisão – ABERT
- Sociedade AlphaVille Flamboyant Residencial
- Materials Research Laboratory Ltda - MRL.

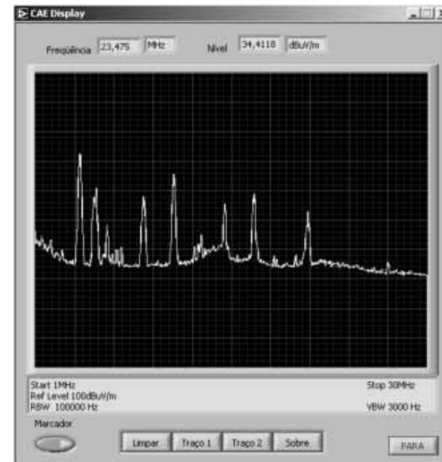
Objetivo: Determinação de níveis reais de irradiação na tecnologia atual.

Medida sem PLC

Test Set



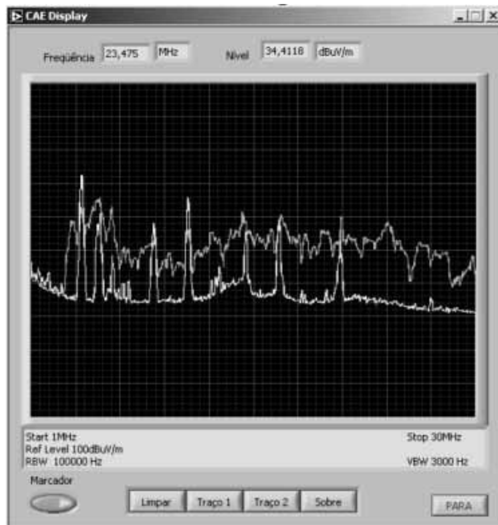
Medida Inicial sem PLC



Anotações

Comparativos

Rede BT – Baixa Tensão | **Rede Compacta**





Anotações

Comparativos

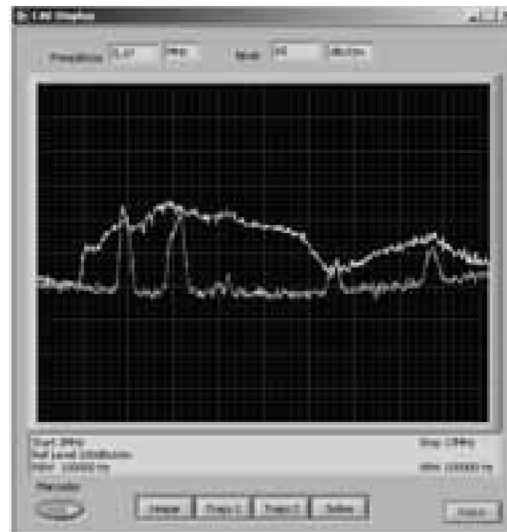
Rede Subterrânea

Notar que o nível de ruído estava em 40dBµV o que equivale a um sinal aproximado de S9+10dB

100dBµV

60dBµV

40dBµV



Anotações

Intensidade dos Sinais

dBm (50Ω)	dBuV	µV	S Meter
-13.01	93.98	50000.000	S9+60 dB
-23.01	83.98	15811.388	S9+50 dB
-33.01	73.98	5000.000	S9+40 dB
-43.01	63.98	1581.139	S9+30 dB
-53.01	53.98	500.000	S9+20 dB
-63.01	43.98	158.114	S9+10 dB
-73.01	33.98	50.000	S9
-79.03	27.96	25.000	S8
-85.05	21.94	12.500	S7
-91.07	15.92	6.250	S6
-97.09	9.90	3.125	S5
-103.11	3.88	1.563	S4
-109.13	-2.14	0.781	S3
-115.15	-8.16	0.391	S2
-121.18	-14.19	0.195	S1

Receptores com "S Meter" calibrado



Intensidade dos Sinais

Além das características da estação transmissora, isto é, antena e potência, são quatro os fatores que definem a intensidade do sinal em um dado circuito. Altura e número de elétrons da camada refletora; Número de saltos do enlace; Largura da faixa do sinal transmitido; Condutibilidade do solo.

Considerando-se um circuito com, digamos, 1300 km, isto é, entre São Paulo e Cuiabá como exemplo, e tendo na estação transmissora 100 watts, um dipolo para meia onda e que o QSO seja feito em 20 metros durante o dia, com a propagação tipo 1F2 ou seja um único hop.

Por um momento vamos imaginar que a estação transmissora fosse apenas um ponto e irradiasse os sinais em todas as direções, o que representaria uma antena isotrópica.

Nestas condições os sinais seriam distribuídos igualmente dentro de uma esfera com 1300km de raio, assim o sinal em Cuiabá seria o equivalente a uma fração da energia que estivesse "enchendo" uma esfera com esse raio. Esta fração seria simplesmente a divisão de 100 watts pela área da esfera, o que nos dá um valor de 4,7E-12 ou seja 0,0000000000047 watts por metro quadrado. Contudo no meio radioamadorístico expressamos esse tipo de valor em decibéis dB que pode ser expresso utilizando-se a sua definição dB = 10 * log(P1/P2) ou dB = 10 * log(100/0,0000000000047) ou como corretamente deve ser dito, uma vez que os sinais são medidos em dBW ou watt por metro quadrado, o sinal em Cuiabá será de -113 dBW, ou seja, 113 dB abaixo de 1 watt por metro quadrado.

Como se viu, o fato do sinal estar negativo, -113 dB não significa que é preciso chegar no zero para depois começar a contar, significa apenas que é um certo número de vezes menor do que o sinal na antena transmissora.

Neste nosso exemplo, a antena utilizada é um dipolo, que tem um ganho, em relação à antena isotrópica de 2,1 dB o que melhora o sinal ficando então a relação em 110,9 dBW.

Ainda, neste sentido, o cálculo inicial foi feito com antena isotrópica no espaço livre, mas a antena está sempre mais próximo do solo, assim o dipolo, a meia-onda de altura, terá, considerando-se a condutibilidade do solo, sinais somados ao vetor principal, na medida em que estes tiverem seus ângulos de irradiação superiores ao ângulo de Pseudo-Brewster. Assim, considerando-se valores médios de condutibilidade e relacionando-os com a antena isotrópica, um ganho adicional de cerca de 6 dB. O que nos dá -104,9 dBW como novo valor.

Da mesma forma, no lado receptor teremos um ganho extra de 6 dB, considerando-se o mesmo tipo de solo, e mais 2,1dB relativamente ao ganho do dipolo da estação receptora. Logo teremos: S = -110,9 + 8,1 ou S = - 106,8dBW.

O sinal, para atingir a camada F2 deve antes passar pelas camadas D e E que irão "amortecer" o sinal devido ao número de elétrons livres nessas camadas. Digamos que o pedágio cobrado por essas camadas seja de aproximadamente 1,8dB. O sinal então na ponta receptora estará em -105dBW.

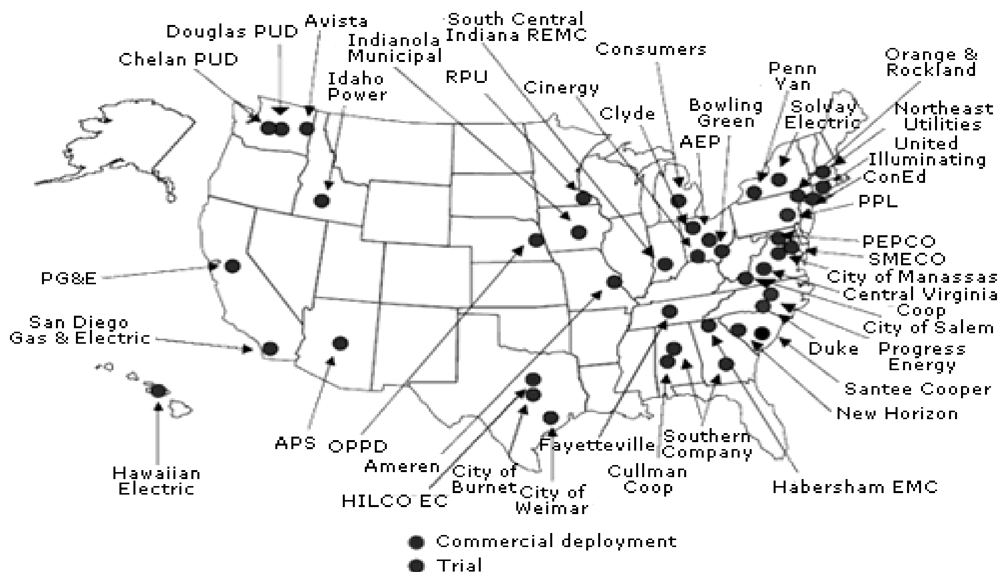
Sabe-se que o sinal S-9 no S-meter corresponde a 50uV, para uma antena com impedância de 50 Ohms, o que corresponde a -103dbW (em dBm somar -30dB). Assim, o sinal recebido será S9 + 2 dB. Caso a estação transmissora estivesse utilizando uma antena com ganho de 8dBi ou 8dB em relação à antena isotrópica, uma monobanda bem ajustada, o sinal seria 10dB acima de S-9 ou S9+10 como dizem os DXers.

Regulamentação BPL no Mundo

Prof.: Julio Ross
julioross@msn.com

Anotações

Iniciativas nos EUA

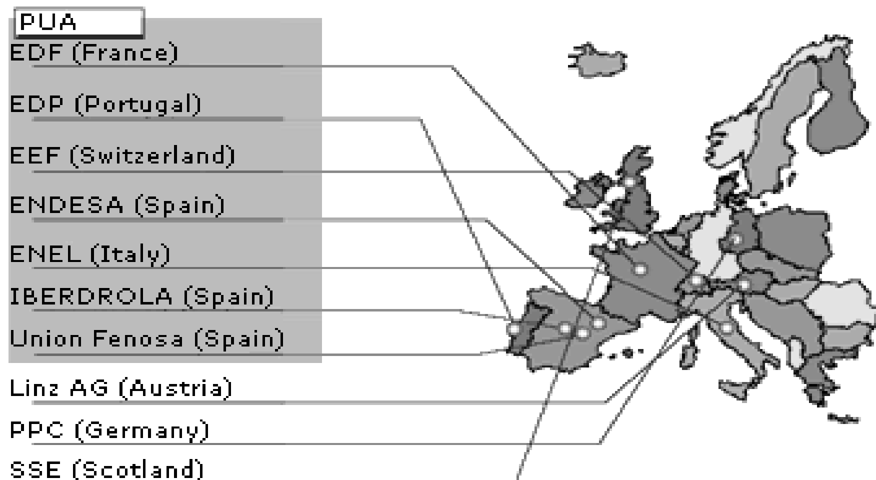


Iniciativas nos EUA

Nos Estados Unidos da América (EUA), as empresas autorizadas na prestação de serviços de utilidade pública (Utilities), não consideram a tecnologia PLC apenas uma forma de expandir seus negócios para a prestação de serviços de telecomunicações. De fato, estas empresas têm deixado esta tarefa para uma parceira voltada a telecomunicações.

Seu interesse em PLC reside no potencial de serviços que uma rede de distribuição de eletricidade inteligente pode representar, em termos de aumento de sua eficiência, confiabilidade e segurança.

Iniciativas na Europa



Iniciativas na Europa

Muitos experimentos já foram realizados de forma bem sucedida na Europa, mostrando que PLC é uma solução viável para implantar redes de telecomunicações alternativas utilizando a infra-estrutura já existente. As empresas autorizadas de exploração dos serviços de utilidades energéticas na Europa estão liderando testes e implantações.

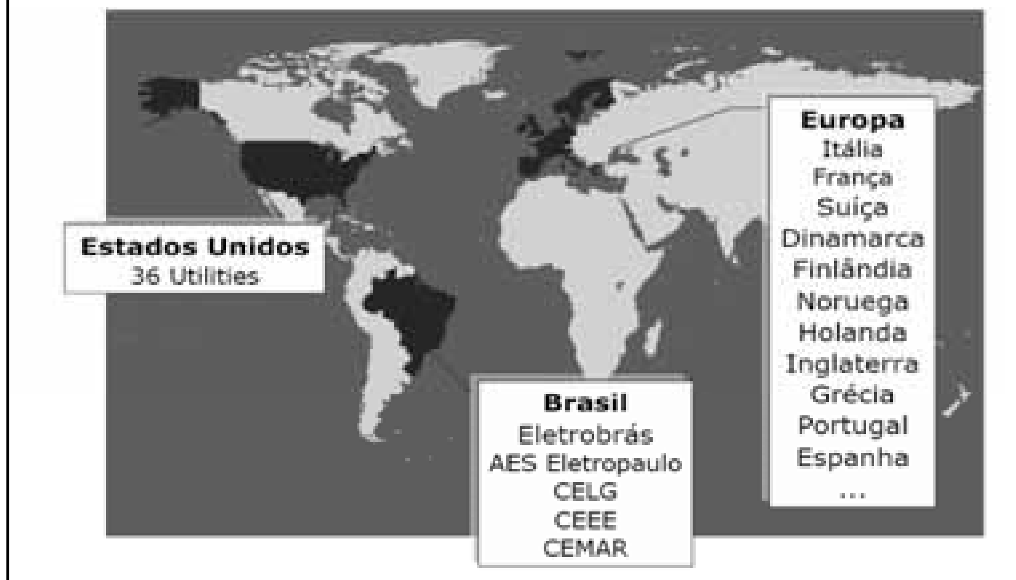
A avaliação da tecnologia PLC através de pesquisa de satisfação, feita em 2004 no mercado Europeu, mostrou que esta tecnologia suporta com qualidade os Serviços de voz e Internet, sendo preferida pelos usuários em relação às tecnologias concorrentes.

Ilustrando o grande interesse da Comunidade Européia em relação ao desenvolvimento da tecnologia PLC cabe citar o projeto OPERA (Open PLC European Research Alliance). O Projeto OPERA é um projeto de pesquisa e desenvolvimento lançado em Janeiro de 2004, com duração esperada de 48 meses.

Foi dividido em 2 fases, sendo a primeira de 24 meses, financiada diretamente pela Comunidade Européia. O projeto OPERA conta com um Consórcio de 37 empresas de países interessados na promoção e padronização da tecnologia, cobrindo a Europa, Israel e Brasil.

O Brasil participa do Projeto OPERA através da APTEL (Associação de Empresas Proprietárias de Infra-estrutura e Sistemas Privados de Telecomunicações).

Regulamentação no Mundo



Regulamentação no Mundo

Europa: Equipamentos PLC

Todo fornecedor de equipamentos necessita comprovar que seus produtos cumprem com as Diretivas vigentes;

Usualmente, esta certificação é garantida pela marca ou selo “CE”;

Principais Diretivas vigentes em toda a Comunidade Européia, adotadas integralmente como norma pelos mais de quinze países-membros:

• R&TTE Directive (EC/1999/5) – “Radio Equipment & Telecommunications “Terminal Equipment”

• EMC Directive (EC/1989/336)

• Electrical Safe Directive (EC/1973/23)

Sobre padrões ou “standards”, não existe atualmente alguma definição “harmonizada” a nível europeu que defina limites de emissão para equipamentos PLC. Desta maneira, a obtenção do selo CE para equipamentos PLC não é ainda um processo padrão, como aqueles existentes para os demais equipamentos e sistemas cobertos por esta certificação.

A única referência que pode ser utilizada, a nível europeu, é a famosa norma EN55022, contudo qual das versões da mesma seria aplicável, ainda não está 100% claro:

• Release 1994 – Estabelece limites e procedimentos de medição para a interface de alimentação apenas;

• Release 1998 – Estabelece distintos limites e procedimentos de medição para as interfaces de alimentação e de telecomunicações.

O caminho para o esclarecimento da correta aplicabilidade da norma EN55022 para os equipamentos PLC está sendo tratado de forma bastante ativa pelo comitê responsável IEC CISPR SC I WG 3. No âmbito deste grupo, o mais recente Draft (CISPR/I/44/CD), com intuito de atualizar a referida norma, apresenta limites e procedimentos de medição específicos para equipamentos que utilizem a mesma interface para alimentação e telecomunicações, definida neste documento como "Multi Purpose Port". O trabalho de desenvolvimento desta atualização a ser incorporada à EN55022 está ocorrendo com bastante sucesso e aceitação por parte dos comitês nacionais dos países-membros da comunidade européia.

Com relação aos aspectos de segurança e imunidade a interferências eletromagnéticas externas, o cenário atual na Europa não prevê nenhum tratamento específico para equipamentos PLC, sendo aplicável em sua totalidade as atuais normas:

• EN60950 – Segurança

• EN55024 – Imunidade

Rede e Estrutura PLC

Estado do grupo de trabalho ETSI /CENELEC com a responsabilidade de promover a discussão do tema:

• Oito Drafts já criados e atualmente em circulação entre os comitês nacionais dos países-membros da comunidade européia.

• Data esperada para o Release final: segundo semestre de 2004.

Contudo, atualmente este grupo de trabalho já apresenta a seguinte indicação: "The European Union strongly advises to be flexible with emission levels in order to facilitate broadband deployment"

Obs: IEC (International Eletrotechnical Commision); CISPR (International Special Committee on Radio Interference)

Estados Unidos: Rede e Estrutura PLC

FCC Part 15: única regulamentação mundial que determina limites para radiação não-intencional proveniente de sistemas de telecomunicações com fio. Situação estável e bastante experimentada, estabelecendo um limite de 30µV/m a uma distância de 30 metros e um fator de correção de 40dB/década para outras distâncias.

Utilizada por vários anos na totalidade do contingente de sistemas instalados nos Estados Unidos e Canadá. Esta experiência e utilização seriam suficientes para garantir a aplicabilidade da mesma como modelo na definição de uma regulamentação para redes PLC.

Regulamentação Brasileira para o PLC

Ao considerarmos a questão de regulamentação da tecnologia PLC, sobretudo aquela que envolve a normalização dos componentes dos sistemas quanto aos aspectos de EMC (Compatibilidade Eletromagnética), uma separação deve ser feita ao considerar "equipamentos" e "redes" quando da aplicação das diretivas e normas .

Regulamentação Brasileira para o PLC

Equipamentos PLC: Seguindo a tendência utilizada pela ANATEL na definição das atuais normas vigentes em nosso país - notadamente as Resoluções 237 e 238, que estabelecem os requisitos de Compatibilidade Eletromagnética e Segurança Elétrica para equipamentos terminais e de estrutura de telecomunicações, que adotam de forma criteriosa os padrões europeus, baseados nas normas CISPR 22 e CISPR 24 -, acreditamos que seja um caminho natural a adoção das atualizações que estão sendo acrescentadas na referida norma no âmbito do já citado Draft (CISPR/I/44/CD) onde o tratamento aos equipamentos PLC é definido.

Rede e Estrutura PLC: Por ser a FCC Part 15 a única regulamentação já existente e que cobre de forma genérica sistemas de telecomunicações com fio, talvez a consideração do uso da mesma para o tratamento das redes seja um caminho interessante.

Regulamentação de testes de desenvolvimento de sistemas PLC em empresas de Energia Elétrica: As empresas precisam solicitar à Anatel uma Autorização para fins Científicos Experimentais, por um período de até 2 anos, com o objetivo de regularizar estes testes. Para se fazer tais testes, a Anatel não solicitará qualquer certificação de equipamento a ser instalado. A Anatel solicitou que as empresas permanecessem em contato com o pessoal que trabalha na sua área de rádio freqüência, no sentido de se fazer um estudo amplo e conjunto sobre as interferências do sistema Power Line.

A certificação dos equipamentos de sistemas PLC das empresas fornecedoras que pretendem atuar no mercado nacional: Anatel não exige certificação em testes de funcionamento, porém, reconhece que a operação comercial vai exigir uma certificação, de acordo com as normas vigentes no setor. O grupo de trabalho de PLC, juntamente com a Anatel, deverá promover algumas apresentações dos fabricantes de equipamentos POWER LINE interessados em desenvolver a tecnologia no Brasil, com o objetivo de se promover o desenvolvimento e operacionalização da tecnologia citada, além de melhorar o inter-relacionamento entre as entidades, definindo-se então a metodologia para se obter as certificações dos equipamentos que deverão estar sendo utilizados dentro do território nacional.

Regulamento BPL Anatel

- Este Regulamento tem por objetivo estabelecer as condições de uso do sistema de "acesso em banda larga utilizando redes de energia elétrica" (BPL) relativamente às radiações indesejadas causadas por estes sistemas.

CAPÍTULO I - DAS DISPOSIÇÕES GERAIS

Art. 1º - Este Regulamento tem por objetivo estabelecer as condições de uso do sistema de "acesso em banda larga utilizando redes de energia elétrica" (BPL) relativamente às radiações indesejadas causadas por estes sistemas.

Art. 2º - A comunicação a ser estabelecida pelo sistema BPL, confinada nas redes de energia elétrica, somente poderá ocorrer na faixa de 1.705 kHz a 50 MHz.

Art. 3º - As estações do sistema BPL serão tratadas como equipamentos de radiação restrita e operam em caráter secundário.

Parágrafo único. Quando o funcionamento dessas estações estiver associado à exploração do serviço de telecomunicações de interesse coletivo, será necessária a correspondente autorização do serviço, bem como o licenciamento das estações que se destinem à:

a)interligação às redes das prestadoras de serviços de telecomunicações; ou

b)interligação a outras estações da própria rede por meio de equipamentos que não sejam de radiação restrita;

CAPÍTULO II - DAS DEFINIÇÕES

Art. 4º Para os efeitos deste Regulamento, considera-se:

I – estação costeira: estação terrestre do Serviço Móvel Marítimo.

II – faixas de exclusão: faixas de radiofreqüências em que os sistemas BPL não poderão emitir sinais.

III – linha de baixa tensão (BT): Linha de transmissão de energia elétrica de tensão nominal igual ou inferior a 1kV, situada entre os transformadores da rede de distribuição de energia elétrica e as instalações do usuário BPL, podendo ser aérea ou subterrânea.

IV– linha de média tensão (MT): Linha de transmissão de energia elétrica de tensão nominal maior que 1 kV e menor que 69 kV, situada entre as subestações e os transformadores da rede de distribuição de energia elétrica, podendo ser aérea ou subterrânea.

V- radiação indesejada: fluxo de energia indesejado liberado sob a forma de ondas de rádio, por uma fonte qualquer.

VI – zona de exclusão: Área geográfica na qual o uso de sistemas BPL é vedado.

VII – zonas de proteção: Área geográfica na qual o uso de sistemas BPL é restrito para determinadas faixas de radiofreqüências.

Regulamento BPL Anatel (cont)

Tabela I
Limites de radiações indesejadas causadas por sistemas BPL de BT

Faixa de freqüências (MHz)	Intensidade de campo (microvolt por metro)	Distância da Medida (metro)
1,705-30	30	30
30-50	100	3

Tabela II
Limites de radiações indesejadas causadas por sistemas BPL de MT

Faixa de freqüências (MHz)	Intensidade de campo (microvolt por metro)	Distância da Medida (metro)
1,705-30	30	30
30-50	90	10

CAPÍTULO III - DOS REQUISITOS GERAIS

Art. 5º - As radiações indesejadas causadas por sistemas BPL, operando na rede de Baixa Tensão, devem estar limitadas aos valores descritos na Tabela I.

Art. 6º - As radiações indesejadas causadas por sistemas BPL, operando na rede de Média, devem estar limitadas aos valores descritos na Tabela II

Art. 7º - Os sistemas BPL devem possuir as seguintes características técnicas:

I - incorporar técnicas de mitigação de interferências que possibilitem reduzir remotamente a potência do sinal e remanejar as freqüências de operação dos sistemas BPL. Essas técnicas devem incluir filtros ou permitir o completo bloqueio de radiações indesejadas em freqüências ou de faixas de freqüências, em conformidade com este regulamento.

II – para freqüências abaixo de 30 MHz, quando da utilização de filtros para evitar interferência em uma faixa de radiofreqüências específica, os filtros devem ser capazes de atenuar as radiações indesejadas dentro desta faixa a um nível de pelo menos 20 dB abaixo dos limites especificados neste Regulamento.

III – para freqüências acima de 30 MHz, quando da utilização de filtros para evitar interferência em uma faixa de radiofreqüências específica, os filtros devem ser capazes de atenuar as radiações indesejadas dentro desta faixa a um nível de pelo menos 10 dB abaixo dos limites especificados neste Regulamento.

IV – manter as configurações de mitigação de interferência, mesmo quando houver falta de energia na rede ou quando o equipamento for desligado e religado, de forma consecutiva ou esporádica.

V – dispor de mecanismo que possibilite, remotamente, a partir de uma central de controle, o desligamento da unidade causadora de interferência prejudicial, caso outra técnica de mitigação não resolva o problema.

CAPÍTULO IV - DOS REQUISITOS ESPECÍFICOS

Art. 8º Antes do início da operação do sistema BPL, deverá ser realizada prospecção do espectro radioelétrico com vistas a identificar a existência de usuários em caráter primário na faixa de radiofreqüência de operação do BPL, na área geográfica de interesse.

Parágrafo único. Na hipótese prevista no *caput*, a operadora se comprometerá a notificar os usuários e, em caso de notificação de interferências causadas pelo sistema BPL, aplicar técnicas adicionais de mitigação de interferências, conforme o art. 14 deste Regulamento.

Art. 9º - A operação do sistema BPL em MT não poderá provocar radiações indesejadas nas faixas de exclusão listadas na Tabela III, que abrangem faixas de radiofreqüências atribuídas ao Serviço Móvel Aeronáutico (R) e Radioamador.

Parágrafo único. As faixas de radiofreqüências que vierem a ser atribuídas posteriormente ao Serviço Móvel Aeronáutico (R) no segmento do espectro compreendido entre 1,705 MHz a 50 MHz, também serão consideradas faixas de exclusão.

Regulamento BPL Anatel (cont)

Faixa de freqüências (MHz)
4,122-4,128
4,177-4,178
4,207-4,208
6,212-6,218
6,268-6,269
6,312-6,313
8,288-8,294
8,364-8,365
8,376-8,377
12,287-12,293
12,520-12,521
12,577-12,578
16,417-16,423
16,695-16,696
19,680-19,681
22,376-22,377
26,100-26,101

Tabelas III e IV
Faixas de Radiofreqüências relativasà zona de proteção de estações costeiras, radioamador e aeronáutico.

Faixa de freqüências (MHz)
2,754-3,025
3,400-3,500
4,453-4,700
5,420-5,680
6,525-6,876
6,991-7,300
8,815-8,965
10,005-10,123
11,275-11,400
13,260-13,360
13,927-14,443
17,900-17,970
21,000-21,450
21,924-22,000
28,000-29,700

Art. 10 - São consideradas zonas de proteção as áreas geográficas a seguir caracterizadas:

I – Zona de proteção de estações costeiras: compreende a área circunscrita ao círculo de raio de 1 km com centro nas coordenadas geográficas das estações costeiras listadas no Anexo I.

II – Zona de proteção de estações terrestres: compreende a área circunscrita ao círculo de raio de 1 km com centro nas coordenadas geográficas das estações terrestres listadas no Anexo II.

§ 1º Dentro das zonas de proteção de estações costeiras, na faixa de radiofreqüências de 2,1735-2,1905 MHz, fica vedada a operação de quaisquer sistemas BPL.

§ 2º Dentro das zonas de proteção de estações costeiras, nas faixas de radiofreqüências listadas na Tabela IV, atribuídas ao Serviço Móvel Marítimo, os limites de radiação indesejada causada pelos sistemas BPL devem estar atenuados a um nível de pelo menos 10 dB abaixo dos limites especificados nos art. 5º e 6º deste Regulamento.

§ 3º Dentro das zonas de proteção de estações terrestres, na faixa de radiofreqüências de 1.705 kHz a 30 MHz, fica vedada a operação de quaisquer sistemas BPL.

Art. 11 - São consideradas zonas de exclusão de estações terrestres as áreas circunscritas ao círculo de raio de 1 km com centro nas coordenadas geográficas das estações terrestres listadas no Anexo III.

Parágrafo único. Fica vedada a operação de quaisquer sistemas BPL dentro das zonas geográficas descritas no *caput*.

Art 12 - As Forças Armadas e/ou os Órgãos de Segurança, quando no cumprimento de suas missões constitucionais, poderão notificar à Anatel a região geográfica e as faixas de radiofreqüências que serão utilizadas.

§ 1º - A Anatel informará ao operador do sistema BPL, que deverá proceder aos ajustes necessários, imediatamente, para não causar interferências prejudiciais aos sistemas daquelas entidades, incluindo a interrupção do serviço, se for o caso.

§ 2º - O não cumprimento do estabelecido no caput implicará, por solicitação das Forças Armadas e/ou Órgãos de Segurança, ações da Anatel, que determinarão novas zonas de exclusão e faixas de radiofreqüências onde ficará vedado o uso de sistemas BPL, além das sanções administrativas cabíveis.

Regulamento BPL Anatel (cont)

- Os anexos I, II e III citados no Regulamento dizem respeito às posições geográficas de estações costeiras.
- Verifique no site www.anatel.org para maiores detalhes.

CAPÍTULO V - DO CONTROLE DO USO DE RADIOFREQÜÊNCIAS

Art. 13 - Adicionalmente às obrigações provenientes da autorização do serviço de telecomunicação pertinente, a prestadora do serviço de telecomunicações, que fizer uso de sistema BPL, deve prestar à Anatel, em até 30 dias antes de início de operação, informações necessárias para a criação e manutenção de uma base de dados pública, disponível a quaisquer interessados, atualizando-as na entrada de operação do serviço e sempre que houver alterações, e especialmente:

I – a identificação da prestadora do serviço de telecomunicações;

II – o fabricante do equipamento BPL e os dados da estação certificada em utilização;

III – a latitude e longitude de todas as estações, exceto as estações terminais do usuário;

IV – o endereço completo, incluindo o CEP, da localidade atendida;

V – a faixa de radiofreqüências de operação do sistema BPL;

VI – a data prevista para o início da operação;

VII – a data de entrada em operação; e

VIII – o contato do operador do sistema em cada localidade, incluindo telefone e correio eletrônico.

Art. 14 - Em caso de interferências causadas por pelo sistema BPL, o operador do sistema deverá implementar imediatamente os ajustes necessários e suficientes para mitigar a interferência de acordo com a regulamentação aplicável.

CAPÍTULO VI - DAS DISPOSIÇÕES TRANSITÓRIAS E FINAIS

Art. 15 - Os equipamentos que compõem o sistema BPL devem:

I- possuir certificação expedida ou aceita pela Anatel, de acordo com a regulamentação vigente.

II- atender às normas cabíveis, referentes ao sistema elétrico, expedidas pela ANEEL.

Art. 16 - Os sistemas existentes até a data de publicação deste Regulamento, em desacordo com o aqui estabelecido, podem continuar em operação até 31 de dezembro de 2009, após o que deverão cessar sua operação.

Art 17 - A Agência definirá procedimentos específicos que permitam aos interessados prover o cadastramento previsto no art. 13 deste Regulamento.

Ameaça à Comunicação em HF

Para os menos familiarizados com o assunto, a tecnologia PLC permite transmitir dados através da rede de energia elétrica. Ou seja, seu principal uso seria dar acesso a Internet pela rede elétrica. O que parece a solução para a democratização digital é, de fato, uma severa ameaça ao radioamadorismo e outros serviços de radiocomunicação pública ou privada, em especial aqueles que operam na faixa de HF (3-30MHz).

Em testes de campo dessa tecnologia nos Estados Unidos, o PLC praticamente inviabilizou qualquer contato em HF. Os radioamadores observaram e documentaram interferências de S9+ em praticamente todo o espectro de rádio nas proximidades onde os testes experimentais de Internet via rede elétrica estavam sendo realizados.

Para brigar contra as concessionárias de energia elétrica e com o forte lobby dos fabricantes de equipamentos para PLC, a ARRL levantou 100 mil dólares. O fundo foi utilizado para custear os gastos Jurídicos de uma ação contra a FCC (Agência de telecomunicações como a nossa Anatel) e para apresentar palestras para políticos e tomadores de decisão em Washington sobre os riscos de interferência que a tecnologia PLC provoca. Os radioamadores americanos conseguiram parar os testes e praticamente inviabilizar essa tecnologia nos Estados Unidos. Na Europa e no Japão o PLC está enfrentando forte oposição. Os principais opositores são os radioamadores organizados em grupos que até conseguiram somente atrasar o avanço do PLC, mas a batalha ainda está longe de chegar ao ponto que os EUA estão.

Abaixo alguns trechos do relatório final do grupo de trabalho PLC: Proposta de Subsídios Para Regulamentação,

Normalização e Certificação, Para a Prestação de Serviços de Telecomunicações Via Rede Elétrica com a Tecnologia PLC.

Atualizar a lista de referencias às normas internacionais, direcionando as que realmente são necessárias aos testes de dispositivos PLC, tendo em vista que os equipamentos PLC, assim como os demais equipamentos terminais de telecomunicações, devem cumprir com os mesmos requisitos:

de segurança aos usuários e aos outros sistemas elétricos e de telecomunicações;

b) de compatibilidade eletromagnética, não interferindo em outros sistemas e sendo capaz de manter seu perfeito estado de funcionamento quando em presença de perturbações provenientes de outros sistemas certificados.

Observações:

- Os órgãos de normalização internacionais ainda não fecharam questão sobre o PLC, estando o IEC através do comitê CISPR sempre revisando e emitindo novos CDs, como o recente I/89/CD que atualizou dados da I/44/CD. Cabe à ANATEL revisar a atual Resolução 237 e atentar para que a mesma seja sempre atualizada de acordo com as normas internacionais referenciadas no Cap. II da referida resolução, até que uma forma definitiva e aprovada das normas internacionais seja emitida.

- Entendemos também que quanto à capacidade de suportar surtos de tensão e descargas atmosféricas, os testes apresentados são suficientes para este tipo de dispositivo. O PLC conectado à uma rede de energia elétrica estará sujeito às mesmas condições que outro equipamento, de mesma categoria, na mesma rede.

- Devemos ficar cientes de que o PLC já está sendo alvo de alguns grupos de radioamadores na Europa e na Ásia, especificamente no Japão, quanto a interferências causadas no espectro da faixa de HF. Neste caso, poderá ser referenciada a ITU K60, que trata de metodologia de testes de emissões eletromagnéticas irradiadas e que estejam causando perturbações no espectro de freqüências.

- Cumpre salientar que a definição de normas a serem seguidas para a homologação de dispositivos de portas de múltiplas funções deve ser rigidamente analisada, baseando-se numa direção, de forma a não tornar as recomendações conflitantes e confusas entre valores de limites e métodos de testes de avaliação de resultados.

De forma específica sobre PLC, a FCC em 28 de abril de 2003 colocou para consulta pública um questionamento extenso e amplo visando estender a norma que possuía, "Carrier Current Systems FCC 03-100" , para incluir o "Broadband over Powerline Systems" em documento titulado "Notice of Inquiry ET 03-104" (FCC- Notice of Inquiry ET Docket N° 03-104 03-100A1.pdf). Este questionamento é muito interessante porque a FCC coloca a público várias questões, todas elas referenciadas e embasadas em regulamentações, posicionamentos e aplicações existentes, o que transformou esta consulta em um amplo debate com desenvolvedores da tecnologia, fabricantes de equipamentos, operadores de telecomunicações (ILECs e CLECs), usuários, sociedade civil, empresas de energia, sociedades de classes, radioamadores, engenheiros e consultores independentes, e outros mais. Esta consulta obteve mais de 5000 contribuições com comentários, comentários de comentários, réplicas, etc. e podem todas elas serem observadas a qualquer tempo no site da FCC específico para esta "NOI 03-104", um conjunto bastante rico e aprofundado de informações sobre este assunto.

Dos comentários daquela NOI, podemos destacar os apresentados por algumas "utilities" filiadas da UPLC, bem como de posicionamentos dos próprios conselheiros da FCC (Commissioners), os quais de um modo geral se manifestam esperançosos quanto ao desenvolvimento e aplicação desta tecnologia (PLC-BPL) nos Estados Unidos.

Smart Grid

Conceito tecnológico que propõe para a rede elétrica “uma ampla arquitetura de referência baseada em sistema abertos para as companhias de energia do futuro”. Esta arquitetura possibilita a integração de equipamentos inteligentes e redes de comunicação de dados em um sistema gerenciado de computação distribuída abrangendo toda a corporação e a indústria. Ela é a base fundamental que possibilita a implantação de capacidades avançadas do sistema de energia, tais como: rede de energia auto-recuperável, comunicação integrada com o consumidor, e informação em tempo real sobre a energia e fluxo de geração

Smart Grid

A aplicação da tecnologia PLC no ambiente das Empresas de Energia Elétrica pode trazer benefícios significativos a estas, já que a racionalização de suas atividades operacionais proporcionadas pela aplicação da tecnologia contribui para a redução de seus custos.

Um sistema de supervisão baseado na tecnologia PLC pode, por exemplo, auxiliar na isolação de falhas ao nível de consumidor, agilizando a manutenção e minimizando os tempos de indisponibilidade.

Aplicações típicas de Gerenciamento da Rede de Distribuição tais como leitura automática de medidores (AMR), gerenciamento de carga, monitoração da qualidade da energia fornecida, gerenciamento de falhas (Automação da Rede) são apenas alguns exemplos de atividades operacionais tornadas mais eficientes e menos custosas pelo emprego da tecnologia PLC.

Bibliografia Utilizada

Interferência e Proteção Eletromagnética – Julio Ross - 2008
Tecnologia PLC - Flavio Rocha de Ávila e Carlos Eduardo Pereira – 2007
Seminário PLC na Aneel – Pedro Jatobá – 2007
Provimento de Inclusão Digital usando PLC – Augusto Ricardo Barboza – 2005
White Paper – GT PowerLine – 2003
Ameaça ao Radioamadorismo – Labre – 2007
Redes PLC - Danilo Michalczuk Taveira – 2004
Redes PLC – Miltom Xavier de Lima - 2008

Tecnologias de Comunicação para Redes Domiciliares – Patricia Takako e Paulo Gonçalves – 2006

Redes Domiciliares: Aplicações, Tecnologias, Desafios e Tendências - Pedro Braconnot Velloso e outros – 2005

PLC – Power Line Communications - Marcus Vinicius de Almeida Ferreira - 2006

http://www.teleco.com.br
http://pt.wikipedia.org
http://www.arrl.org
http://www.anatel.org

Fim do Curso



Obrigado,

Julio Ross

Anotações
